



**Universidade de Brasília - UnB
Faculdade UnB Gama - FGA
Curso de Engenharia de Energia**

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM
EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS: ESTUDO DE CASO
APLICADO A UMA EDIFICAÇÃO MULTIFAMILIAR**

**Autor: Cláudia Sampaio Rezende
Orientadora: Cristina de Abreu Silveira**

**Brasília, DF
2014**



Cláudia Sampaio Rezende

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES
RESIDENCIAIS: ESTUDO DE CASO APLICADO A UMA EDIFICAÇÃO
MULTIFAMILIAR**

Monografia submetida ao curso de graduação em Engenharia de Energia da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Energia.

Orientadora: Prof.^a. Dr.^a Cristina de Abreu Silveira

**Brasília, DF
2014**



**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES
RESIDENCIAIS: ESTUDO DE CASO APLICADO A UMA EDIFICAÇÃO
MULTIFAMILIAR**

Cláudia Sampaio Rezende

Monografia submetida como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Energia da Faculdade UnB Gama - FGA, da Universidade de Brasília, em (data da aprovação 27/06/14) apresentada e aprovada pela banca examinadora abaixo assinada:

Prof.^a Dr.^a Cristina de Abreu Silveira, UnB/ FGA
Orientadora

Prof. Dr. Luciano Golçalves Noleto, UnB/ FGA
Membro Convidado

Prof.^a Dr.^a Maria Vitória Ferrari, UnB/ FGA
Membro Convidado

Brasília, DF
2014

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao meu pai, Cláudio Bastos Rezende que apesar da distância me deu todo o apoio e o incentivo que precisei. Em momento algum mediu esforços para que tudo isso se tornasse realidade.

À minha Orientadora Professora Cristina de Abreu Silveira, que com muita atenção e dedicação me orientou neste trabalho.

Ao meu companheiro Tiago de Freitas Viana por todo amor, carinho e compreensão.

À minha amiga Liliane Ferreira que esteve presente nos melhores anos do curso, pela disposição em me ajudar à ir atrás de documentos, e pela cumplicidade.

À empresa M VALLE CONSTRUÇÕES pelo fornecimento do projeto arquitetônico e informações importantes para a realização deste trabalho.

E a todas as pessoas que de alguma forma contribuíram para a conclusão deste trabalho. Obrigada!

RESUMO

O objetivo desta pesquisa é o estudo de diferentes soluções construtivas e de sistemas, de forma a se obter uma maior eficiência energética de um edifício, reduzindo-se as necessidades energéticas do mesmo. Este trabalho apresenta uma análise do desempenho energético do Edifício Central Valle Residence, localizado na cidade do Gama – DF, de Zona Bioclimática 4. A análise é feita através de requisitos da envoltória, aquecimento de água e bonificações fornecidas pelo selo de etiquetagem brasileiro, o PROCEL EDIFICA. Para esta análise foi utilizada, como base, o documento denominado “Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética em Edifícios Residenciais” (RTQ-R) do PROCEL. Considerou-se o método prescritivo na análise da eficiência energética da edificação. Com a etiquetagem obtida da edificação residencial foi possível identificar ações que podem vir a melhorar o desempenho energético desta edificação e subsidiar avaliações futuras no âmbito da Etiquetagem de Edificações Residenciais de acordo com as ferramentas em desenvolvimento.

Palavras-chave: Eficiência Energética, PROCEL EDIFICA, Etiquetagem, Envoltória.

ABSTRACT

The objective of this research is the study of different constructive solutions and systems, in order to achieve greater energy efficiency of a building, reducing energy needs of the same. This work presents an analysis of the energy performance of the Central Valle Residence Building, located in the city of Gama – DF, of Bioclimatic Zone 4. The analysis is done through requirements of the envelopment, water heating and subsidies provided by the seal of the brazilian labeling, the PROCEL EDIFICA. For this analysis was used, as a basis, the document entitled "Technical Requirements for the Quality Level of Energy Efficiency in Residential Buildings" (RTQ -R) of the PROCEL. Considered the prescriptive method in the analysis of the energy efficiency of the building. With the labeling obtained of the residential building was possible to identify actions that may improve the energy performance of this building and support future assessments under the Labeling of Residential Buildings in accordance with the tools in development.

Keywords: Energy Efficiency, PROCEL EDIFICA, Labeling, Envelopment.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

1 Selo Procel Eletrobrás de Economia de Energia.....	20
2 Consumo de energia elétrica no Brasil (%)	22
3 Etiqueta de Eficiência Energética de Edificações.....	26
4 Zoneamento Bioclimático Brasileiro.....	27
5 Modelo da ENCE para unidade habitacional autônoma.....	30
6 Processo dos pré-requisitos da envoltória	34
7 Edifícios Multifamiliares	38
8 Modelo da ENCE para edificações multifamiliares	38
9 Modelo ENCE para áreas de uso comum.....	40
10 Hall de entrada do edifício Central Valle Residence	47
11 Planta baixa de um dos pavimentos com UHs.....	48
12 Planta baixa da área comum de uso frequente da parte residencial	49
13 Planta baixa da área comum de uso eventual	49
14 Planta baixa de um dos pavimentos para garagem.....	50
15 Fachada do Edifício Central Valle Residence	51
16 Configuração das paredes externas	52
17 Configuração da cobertura.....	56
18 Área de abertura para ventilação	58

LISTA DE QUADROS

1 Contexto Internacional da Eficiência Energética.....	23
2 Equivalente Numérico para cada nível de eficiência	28
3 Classificação do nível de eficiência de acordo com a pontuação obtida.....	29
4 Coeficientes da equação (1).....	29
5 Pré-requisitos de absortância solar, transmitância térmica e capacidade térmica	30
6 Percentual de áreas mínimas para ventilação em relação à área útil do ambiente	32
7 Bonificações.....	34
8 Coeficiente de redução da porosidade	34
9 Critérios para a classificação do sistema de iluminação artificial para áreas comuns de uso frequente	41
10 Classificação da eficiência das bombas centrífugas.....	41
11 Categoria de uso dos elevadores	42
12 Limites da demanda específica de energia para cada nível de eficiência energética em função a categoria de uso do elevador.....	42
13 Espessura mínima de isolamento de tubulações para aquecimento de água	44
14 Descrição dos acabamentos	51
15 Detalhe referente a Tabela 4	53
16 Pré – Requisitos da ventilação natural.....	53
17 Pré – requisitos ventilação cruzada natural.....	54
18 Pré – requisitos para iluminação natural.....	54
19 Planilha avaliação da envoltória da UH TIPO 1 (SALA/QUARTO)	56
20 Níveis de eficiência da envoltória sem pré – requisitos para cada ambiente.....	58
21 Envoltória das UHs – Naturalmente Ventiladas	59
22 Envoltória das UHs – Condicionadas Artificialmente	60
23 Bonificação de ventilação natural	61
24 Bonificação de Iluminação Natural.....	61
25 Bonificação do uso racional de água.....	62
26 Bonificação Final	63
27 Pontuação Total da UH.....	64
28 Pontuação da Edificação Multifamiliar	64
29 Características das lâmpadas das áreas comuns de uso frequente	65
30 Características das lâmpadas das áreas comuns de uso eventual.....	66
31 Apartamento TIPO 1 – Todas as UH desse tipo	75
32 Apartamento TIPO 2 (104 a 904 e 107 a 907) – Sala	76
33 Apartamento TIPO 2 (104 a 904 e 107 a 907) – Quarto	77
34 Apartamento TIPO 2 (101 a 901 e 110 a 910) – Sala	78
35 Apartamento TIPO 2 (101 a 901 e 110 a 910) – Quarto	79
36 Apartamento TIPO 3 (103 a 903) – Sala	80
37 Apartamento TIPO 3 (103 a 903) – Quarto 1	81
38 Apartamento TIPO 3 (103 a 903) – Quarto 2	82
39 Apartamento TIPO 3 (102 a 902) – Sala	83
40 Apartamento TIPO 3 (102 a 902) – Quarto 1	84
41 Apartamento TIPO 3 (102 a 902) – Quarto 2	85
42 Apartamento TIPO 3 (109 a 909) – Sala	86
43 Apartamento TIPO 3 (109 a 909) – Quarto 1	87
44 Apartamento TIPO 3 (109 a 909) – Quarto 2	88

45 Apartamento TIPO 3 (108 a 908) – Sala	89
46 Apartamento TIPO 3 (108 a 908) – Quarto 1	90
47 Apartamento TIPO 3 (108 a 908) – Quarto 2	91
48 Cálculo do <i>EqNumEnvresf</i> da UH – TIPO 1	92
49 Cálculo do <i>EqNumEnvA</i> da UH – TIPO 1	92
50 Cálculo do <i>EqNumEnv</i> da UH – TIPO 1	92
51 Cálculo do <i>EqNumEnvrefrig</i> da UH TIPO 1	92
52 Cálculo do <i>EqNumEnvresf</i> da UH – TIPO 2 (apartamentos 104 a 904; e 107 a 907)	92
53 Cálculo do <i>EqNumEnvA</i> da UH – TIPO 2 (apartamentos 104 a 904; e 107 a 907)	93
54 Cálculo do <i>EqNumEnv</i> da UH – TIPO 2 (apartamentos 104 a 904; e 107 a 907)	93
55 Cálculo do <i>EqNumEnvrefrig</i> da UH TIPO 2 (apartamentos 104 a 904; e 107 a 907)	93
56 Cálculo do <i>EqNumEnvresf</i> da UH – TIPO 2 (apartamentos 101 a 901; e 110 a 910)	93
57 Cálculo do <i>EqNumEnvA</i> da UH – TIPO 2 (apartamentos 101 a 901; e 110 a 910)	93
58 Cálculo do <i>EqNumEnv</i> da UH – TIPO 2 (apartamentos 101 a 901; e 110 a 910)	94
59 Cálculo do <i>EqNumEnvrefrig</i> da UH TIPO 2 (apartamentos 101 a 901; e 110 a 910)	94
60 Cálculo do <i>EqNumEnvresf</i> da UH – TIPO 3 (apartamentos 103 a 903)	94
61 Cálculo do <i>EqNumEnvA</i> da UH – TIPO 3 (apartamentos 103 a 903)	94
62 Cálculo do <i>EqNumEnv</i> da UH – TIPO 3 (apartamentos 103 a 903)	94
63 Cálculo do <i>EqNumEnvrefrig</i> da UH TIPO 3 (apartamentos 103 a 903)	95
64 Cálculo do <i>EqNumEnvresf</i> da UH – TIPO 3 (apartamentos 102 a 902)	95
65 Cálculo do <i>EqNumEnvA</i> da UH – TIPO 3 (apartamentos 102 a 902)	95
66 Cálculo do <i>EqNumEnv</i> da UH – TIPO 3 (apartamentos 102 a 902)	95
67 Cálculo do <i>EqNumEnvrefrig</i> da UH TIPO 3 (apartamentos 102 a 902)	96
68 Cálculo do <i>EqNumEnvresf</i> da UH – TIPO 3 (apartamentos 109 a 909)	96
69 Cálculo do <i>EqNumEnvA</i> da UH – TIPO 3 (apartamentos 109 a 909)	96
70 Cálculo do <i>EqNumEnv</i> da UH – TIPO 3 (apartamentos 109 a 909)	96
71 Cálculo do <i>EqNumEnvrefrig</i> da UH TIPO 3 (apartamentos 109 a 909)	97
72 Cálculo do <i>EqNumEnvresf</i> da UH – TIPO 3 (apartamentos 108 a 908)	97
73 Cálculo do <i>EqNumEnvA</i> da UH – TIPO 3 (apartamentos 108 a 908)	97
74 Cálculo do <i>EqNumEnv</i> da UH – TIPO 3 (apartamentos 108 a 908)	97
75 Cálculo do <i>EqNumEnvrefrig</i> da UH TIPO 3 (apartamentos 108 a 908)	98

LISTA DE SÍMBOLOS

A1	Somatória das áreas efetivas de aberturas para ventilação localizadas nas fachadas da orientação com maior área de abertura para ventilação.....[m ²]
A2	Somatória das áreas efetivas de aberturas para ventilação localizadas nas fachadas das demais orientações.....[m ²]
A	Percentual de abertura em relação a área útil do ambiente
a	Coeficiente da região geográfica
Aa	Percentual de aberturas para ventilação
Ai	Área efetiva de abertura de iluminação.....[m ²]
AUamb	Área útil do ambiente.....[m ²]
Ap	Área do piso.....[m ²]
AparInt	Área das paredes internas.....[m ²]
Av	Área de abertura para ventilação.....[m ²]
B1	Bonificação para Ventilação Natural
B2	Bonificação para Iluminação Natural
B3	Bonificação para Uso Racional de Água
B4	Bonificação para Condicionamento de Ar
B5	Bonificação para Iluminação Artificial
B6	Bonificação para Ventiladores de Teto
B7	Bonificação para Refrigeradores
B8	Bonificação para Medição Individualizada
BSAP	Quantidade de bacias sanitárias atendidas por água pluvial
BS	Quantidade de bacias sanitárias existentes
BSE	Quantidades de bacias sanitárias com sistema de descarga com duplo acionamento
CA	Consumo Relativo para Aquecimento
CHE	Quantidade de chuveiros com restritor de vazão
CH	Quantidade de chuveiros existentes
CR	Consumo Relativo para Refrigeração
CT	Capacidade Térmica.....[kJ/m ² K]
E	Correspondente às áreas comuns de uso eventual
EqNum	Equivalente Numérico
EqNumAA	Equivalente Numérico do Sistema de Aquecimento de Água
EqNumAmbA	Equivalente Numérico do ambiente de aquecimento
EqNumAmbResf	Equivalente Numérico do ambiente de resfriamento
EqNumB	Equivalente Numérico das Bombas Centrífugas
EqNumElev	Equivalente Numérico dos Elevadores
EqNumEnv	Equivalente Numérico da Envoltória
EqNumEnvA	Equivalente Numérico da Envoltória para Aquecimento
EqNumEnvAmbA	Equivalente Numérico da Envoltória do Ambiente para Aquecimento
EqNumEnvAmbResfr	Equivalente Numérico da Envoltória do Ambiente para Resfriamento
EqNumEnvRefrig	Equivalente Numérico da Envoltória para Refrigeração
EqNumEnvResf	Equivalente Numérico da Envoltória para Resfriamento
EqNumEq	Equivalente Numérico dos Equipamentos
EqNumIllum	Equivalente Numérico do Sistema de Iluminação Artificial
EqNumS	Equivalente Numérico da Sauna
F	Correspondente às áreas comuns de uso frequente

FCS	Fator de Calor Solar
Fvent	Fator de ventilação da abertura da área de permanência prolongada
GHR	Indicador de Graus - Hora para Resfriamento
ha	Distância entre o piso e a altura máxima da abertura para iluminação.....[m]
OUTROS	Quantidade de outros pontos passíveis de serem atendidos por água pluvial, excluindo as bacias sanitárias
OUTROSAP	Quantidade de outros pontos atendidos por água pluvial, excluindo bacias sanitárias
P	Profundidade do ambiente.....[m]
PAA	Potência Instalada para Aquecimento de Água.....[W]
PD	Pé Direito.....[m]
PEq	Potência Instalada para Equipamentos.....[W]
PIlum	Potência Instalada para Iluminação.....[W]
PS	Potência Instalada da Sauna
PT	Pontuação Total
PTAC	Pontuação total do nível de eficiência da área de uso comum
PTUH	Pontuação Total do nível de eficiência energética da unidade habitacional autônoma
Qn	Carga Nominal do Elevador.....[Kg]
SOMB	Fator de sombreamento da abertura
T	Quantidade de torneiras existentes na UH, excluindo as torneiras das áreas de uso comum
TE	Quantidade de torneiras com arejador de vazão constante (6 litros/minuto), regulador de vazão ou restritor de vazão
U	Transmitância Térmica.....[W/(m²K)]
Vn	Velocidade Nominal do Elevador.....[m/s]
ZB	Zona Bioclimática
η	Eficiência Luminosa.....[lm/W]
α	Absortância

LISTA DE SIGLAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANET	Associação Nacional dos Engenheiros Técnicos
AUC	Áreas de uso comum
CA	Conforto Ambiental
CGIEE	Comitê gestor de indicadores e de níveis de eficiência energética
CO	Monóxido de Carbono
CO2	Gás Carbônico
CONPET	Programa Nacional de Conservação de Petróleo e Derivados
CONSERVE	Programa de Conservação de Energia
DoE	Departamento de Energia Americano
EE	Eficiência Energética
EERN	<i>Energy Efficiency and Renewable Energy Network</i>
ENCE	Etiqueta Nacional de Conservação de Energia
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
GCCE	Grupo Coordenador de Conservação de energia
GLP	Gás Liquefeito de Petróleo
IDAE	Instituto para a Diversificação e Economia Energética
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
MIC	Ministério da Indústria e do Comércio
MME	Ministério de Minas e Energia
OA	Ordem dos Arquitetos
OE	Ordem dos Engenheiros
PBE	Programa Brasileiro de Etiquetagem
PDO	Plano de Desenvolvimento Ordenado no Distrito Federal
PEEAP	Programa de Eficiência Energética para a Administração Pública
PME	Programa de Mobilização Energética
PNAC	Programa Nacional para as Alterações Climáticas
PNAEE	Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética
PNAER	Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis
PNEE	Plano Nacional de Eficiência Energética
PPE	Programa de Eficiência Energética das Concessionárias de Distribuição de Energia Elétrica
PROCECON'S	Programas de Conservação de Energia nas Concessionárias
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
PROENERGIA	Programa Nacional de Racionalização da Produção e Uso de Energia
RAC	Avaliação da Conformidade do Nível de Eficiência Energética
RTQ – C	Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifício Comerciais, de Serviços e Públicos
RTQ – R	Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Residenciais
SE	Secretaria Executiva
SoP	<i>Electricity Standart of Performance</i>
UE	União Europeia
UH	Unidade Habitacional Autônoma

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
1.1. MOTIVAÇÃO E OBJETIVOS.....	15
1.3 METODOLOGIA DE PESQUISA	16
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO	16
2 CONTEXTO NACIONAL E INTERNACIONAL DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES	18
2.1 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO BRASIL: DA CRISE À REGULAMENTAÇÃO.....	18
2.1.1 Principais Programas Nacionais de Conservação de Energia	19
2.1.1.1 Programa CONSERVE.....	19
2.1.1.2 Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL).....	20
2.2 CONTEXTO INTERNACIONAL DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	22
3 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS.....	25
3.1 INTRODUÇÃO.....	25
3.2 METODOLOGIA PARA ETIQUETAGEM DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS.....	26
3.2.1 Unidades Habitacionais Autônomas (UH).....	29
3.2.1.1 Pré requisitos da envoltória.....	30
3.2.1.1.1 Transmitância térmica, capacidade térmica e absorvância solar das superfícies	30
3.2.1.1.2 Ventilação Natural.....	31
3.2.1.1.3 Iluminação Natural	33
3.2.1.2 Sistema de Aquecimento de água.....	33
3.2.1.2.1 Pré-Requisitos para o sistema de Aquecimento de água.....	33
3.2.1.3 Bonificações	34
3.2.1.3.1 Ventilação Natural (B1).....	34
3.2.1.3.2 Iluminação Natural (B2)	35
3.2.1.3.3 Uso Racional de Água (B3)	35
3.2.1.3.4 Condicionamento de ar (B4)	36
3.2.1.3.5 Iluminação Artificial (B5).....	36
3.2.1.3.6 Ventiladores de Teto (B6).....	37
3.2.1.3.7 Refrigeradores (B7).....	37
3.2.1.3.8 Medição Individualizada (B8).....	37
3.2.2 Edificações Multifamiliares	37
3.2.3 Áreas De Uso Comum	38
3.2.3.1 Áreas Comuns de Uso Frequente	40
3.2.3.1.1 Iluminação Artificial.....	40
3.2.3.1.2 Bombas Centrífugas	41
3.2.3.1.3 Elevadores	42
3.2.3.2 Áreas Comuns de Uso Eventual	42
3.2.3.2.1 Iluminação Artificial.....	43
3.2.3.2.2 Equipamentos.....	43
3.2.3.2.3 Sistema de Aquecimento de Água	43
3.2.3.2.4 Sistema de aquecimento para piscinas	44
3.2.3.2.5 Sauna.....	44
3.2.4 Bonificações	45
3.2.4.1 Uso racional de água (até 0,6 pontos).....	45
3.2.4.2 Iluminação natural em áreas comuns de uso frequente (até 0,2 pontos).....	45
4 ESTUDO DE CASO	46
4.1. INTRODUÇÃO.....	46
4.2 ESTUDO DE CASO: EDIFÍCIO CENTRAL VALLE RESIDENCE.....	47
4.3 APLICAÇÃO DO MÉTODO.....	50
4.4 ENVOLTÓRIA	50
4.4.1 Absortância	51
4.4.2 Paredes externas	51
4.4.3 Coberturas	52
4.4.4 Aberturas.....	52
4.5 UNIDADES HABITACIONAIS AUTÔNOMAS	53

4.5.1 Pré – requisitos da envoltória	53
4.5.1.1 Absortância, Transmitância e Capacidade Térmica	53
4.5.1.2 Ventilação Natural	53
4.5.1.3 Iluminação Natural	54
4.5.2 Equivalente numérico da envoltória da unidade habitacional autônoma - EqNumEnv	55
4.5.2.1 Determinação do equivalente numérico da envoltória por UH	59
4.5.3 Avaliação do Aquecimento de água	60
4.5.4 Bonificações	60
4.5.4.1 Ventilação Natural	60
4.5.4.2 Iluminação Natural	61
4.5.4.3 Uso racional de água (B3)	62
4.5.4.4 Condicionamento de ar	62
4.5.4.5 Iluminação Artificial	62
4.5.4.6 Ventiladores de Teto	62
4.5.4.7 Refrigeradores	63
4.5.4.8 Medição individualizada	63
4.5.5 Cálculo da Pontuação Total (PTuh)	63
4.6 EDIFICAÇÕES MULTIFAMILIARES	64
4.7 ÁREAS DE USO COMUM	64
4.7.1 Área Comum de Uso Frequente	64
4.7.1.1 Iluminação Artificial	64
4.7.1.2 Bombas centrífugas	65
4.7.1.3 Elevadores	65
4.7.1.4 Pontuação das áreas comuns de uso frequente	66
4.7.2 Área Comum de Uso Eventual	66
4.7.2.1 Iluminação Artificial	66
4.7.2.2 Equipamentos	67
4.7.2.3 Sistemas de Aquecimento de Água	67
4.7.2.4 Sauna	67
4.7.2.5 Pontuação das áreas comuns de uso eventual	67
4.7.3 Bonificações	67
4.7.3.1 Uso Racional de Água (B1)	67
4.7.3.2 Iluminação natural em áreas de uso frequente (B2)	67
4.7.3.3 Ventilação natural em áreas de uso frequente (B3)	68
4.7.4 Classificação das áreas de uso comum	69
5 ANÁLISE DOS RESULTADOS	70
6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	71

1. INTRODUÇÃO

Nesta seção são especificados as motivações e os objetivos do presente trabalho, bem como a metodologia de pesquisa e a estrutura adotada para a sua organização.

1.1. MOTIVAÇÃO E OBJETIVOS

O consumo crescente de energia elétrica, juntamente com o elevado grau de perdas no sistema e o mal uso desta pelos consumidores está sendo uma preocupação constante do Setor Elétrico. Com intuito de amenizar esse tipo de problema, o Setor Elétrico tem promovido ações que visam o uso mais racional de energia, aliadas a uma crescente preocupação com o meio ambiente, e a redução dessas perdas de energia nos mais variados níveis de produção e consumo, incluindo em seu escopo, além da eficiência energética, melhorias na estrutura dos sistemas elétricos já existentes.

Com o intuito de promover condições para o uso eficiente da eletricidade em edificações prediais alimentadas pela rede secundária de distribuição, o Programa Nacional de Energia Elétrica – PROCEL - criou o programa “Procel Edifica” em 2003, responsável pelo desenvolvimento e publicação dos regulamentos RTQ-C e RTQ-R, visando avaliar, respectivamente, a eficiência energética em edificações comerciais e residenciais, aliando o melhor emprego dos recursos energéticos disponíveis nestas aos requisitos naturais e ao Conforto Ambiental – CA.

Uma das ações propostas pelo programa “Procel Edifica”, no âmbito de edificações residenciais, é de tornar obrigatória, por meio de legislação pertinente, a etiquetagem desse tipo de edificação em um horizonte de 20 anos, de acordo com Plano Nacional de Eficiência Energética (2011).

Em 24 de julho de 2000 foi promulgada a Lei nº 9.991, que regulamentou a obrigatoriedade de investimentos em programas de eficiência energética no uso final por parte das empresas brasileiras distribuidoras de energia elétrica. Essa lei impulsionou a liberação de um montante de recursos voltado para ações de Eficiência Energética, chamado de Programa de Eficiência Energética das Concessionárias de Distribuição de Energia Elétrica (PPE). De acordo com o Plano Nacional de Eficiência Energética (2011), esse programa já contou com mais de R\$ 2 bilhões em investimentos realizados e em execução.

Dada a relevância dessas questões, o presente trabalho tem como objetivo abordar o tema Eficiência Energética aplicada a Edificações Residenciais. É proposta desse trabalho utilizar a metodologia para avaliar a eficiência energética do Edifício Residencial Central

Valle Residence, localizado no Gama, DF, e assim identificar ações que possam melhorar o seu desempenho energético.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Mais especificamente, o presente trabalho tem como objetivos:

- Aplicar a metodologia prescritiva do Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R);
- Avaliar o nível de eficiência energética do Edifício Central Valle Residence, localizado no Gama, DF, de acordo com a metodologia proposta;
- Identificar medidas que possam melhorar o desempenho energético dessa edificação residencial, sistematizando os procedimentos para análises futuras.

1.3 METODOLOGIA DE PESQUISA

O presente trabalho considerou inicialmente um levantamento de dados bibliográficos referentes ao tema de modo a prover a fundamentação teórica necessária ao desenvolvimento da pesquisa, que foi baseada no método prescritivo descrito no Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ – R) do PROCEL, publicado na Portaria nº 449 de 25 de novembro de 2010 do INMETRO.

Em seguida foi feito um Estudo de Caso aplicando-se a metodologia prescritiva para etiquetagem de edificações residenciais, de acordo com os manuais desenvolvidos pelo “Procel Edifica” e homologados pelo INMETRO ao Edifício Central Valle Residence, de modo a identificar o nível de eficiência energética da instalação.

A partir da análise dos resultados obtidos no estudo de caso, são obtidas as conclusões técnicas e sugestões de estudos complementares visando melhorar o grau de Eficiência energética (EE), bem como ampliar essas conclusões a outras unidades.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Esse trabalho está dividido em cinco capítulos, a saber:

O primeiro capítulo aborda os objetivos e as motivações para a pesquisa, bem como sua metodologia utilizada e a estrutura do trabalho adotada para a organização do presente trabalho.

O segundo capítulo aborda a revisão bibliográfica relacionada ao contexto brasileiro e internacional da eficiência energética, apresentando alguns marcos regulatórios, relatos dos

principais acontecimentos do setor energético e os principais programas nacionais de conservação de energia no Brasil e no Mundo.

O terceiro capítulo apresenta a metodologia de avaliação do nível de eficiência energética em edifícios residenciais proposta no documento denominado **Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética em Edifícios Residenciais (RTQ-R)** do PROCEL.

O quarto capítulo apresenta um Estudo de Caso para a avaliação do nível de EE do Edifício Residencial Central Valle, Gama – DF, identificando os principais fatores que influenciaram nessa classificação e propondo ações capazes de melhorar o desempenho energético.

O quinto capítulo contém as discussões dos resultados do estudo de caso referente à edificação.

O sexto capítulo contém as conclusões desta avaliação e perspectivas para trabalhos futuros. O presente trabalho possui Apêndices e 3 Anexos para consultas de maiores detalhes de informações utilizadas na elaboração do trabalho.

2 CONTEXTO NACIONAL E INTERNACIONAL DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES

Neste capítulo são apresentados os principais acontecimentos do setor elétrico brasileiro, bem como os seus principais programas de conservação de energia. É apresentada também a forma que a eficiência energética é estimulada em outros países, mostrando seus programas e ações.

2.1 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO BRASIL: DA CRISE À REGULAMENTAÇÃO

A preocupação mais acentuada que houve com a Eficiência Energética (EE) surgiu com a ocorrência dos choques do petróleo de 1973 – 74 e 1979 – 81, trazendo a percepção de escassez deste recurso energético e forçando a alta dos preços dos energéticos. Esse evento abriu espaço para uma série de ações voltadas à conservação e maior eficiência no uso dos seus derivados. Na mesma época deu início a uma corrida para a diversificação da matriz energética visando a uma maior segurança no atendimento à demanda de energia (PLANO NACIONAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, 2011).

Os principais eventos que deram início a discussões em torno da conservação energética data da década de 1970 e são uma resposta à crise do petróleo (DE SOUZA & GUERRA & KRUGER, 2011):

- 1973: 1º Choque do Petróleo;
- 1975: 1º Seminário sobre o tema Conservação de Energia;
- 1979: 2º Choque do Petróleo;
- 1982: Programa de Mobilização Energética.

Em 2001, também com a crise de abastecimento energético no Brasil, popularmente chamada de “apagão”, houve uma preocupação com o uso racional e a conservação de energia, pois havia a possibilidade de diminuição na oferta de energia elétrica, junto com o alto custo da implantação de novas usinas hidrelétricas ou ampliação das existentes (SOTOPIETRA, 2012)

A redução do consumo de energia elétrica no Brasil por meio de ações e políticas, visando estimular o consumo racional de energia e um melhor desempenho dos sistemas elétricos, tem por base uma série de leis que se traduz em ações de eficiência energética no país, sendo aplicadas desde a geração até o consumidor final.

Em 1981 o governo lançou o Programa de Promoção da Conservação de Energia – CONSERVE, que até 1985 visava promover a conservação de energia na indústria, o

desenvolvimento de produtos e processos energeticamente mais eficientes, e estimular a substituição de energéticos importados (SANTORO, 2013).

Durante a década de 1980 tornaram-se frequentes as preocupações com o meio ambiente e questionamentos relativos ao desperdício de energia. Á partir desse período foram surgindo novos programas e Leis referentes a eficiência energética, destacando os seguintes (DE SOUZA & GUERRA & KRUGER, 2011):

- 1984: Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE);
- 1985: Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL);
- 1991: Programa Nacional de Conservação de Petróleo e Derivados (CONPET);
- 2001: Lei n.º 10.295 Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia.

A partir de 1998, com a Lei n.º 9.991/2000, foi decretada a obrigatoriedade de investimentos em programas de conservação pelas concessionárias, sob fiscalização da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

Um dos principais marcos regulatórios da matéria no Brasil foi a implementação da Lei de Eficiência Energética, Lei n.º 10.295, em 17 de outubro de 2001, dispondo sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, regulamentada pelo decreto 4.059, em 19 de dezembro de 2001. O decreto instituiu o comitê gestor de indicadores e de níveis de eficiência energética (CGIEE), elaborando assim um plano de trabalho específico para a eficiência energética em edificações (BRASIL, 2013)

Por determinação da Lei da Eficiência Energética, cabe ao poder executivo estabelecer os níveis máximos de consumo específico de energia ou mínimos de eficiência energética de máquinas e aparelhos consumidores de energia fabricados ou comercializados no país, com base nos indicadores técnicos que ponderam com a vida útil de cada equipamento (BRASIL, 2013).

2.1.1 Principais Programas Nacionais de Conservação de Energia

2.1.1.1 Programa CONSERVE

O programa CONSERVE foi criado em 1981 com o objetivo de atender as exigências da Portaria MIC/GM46, que referenciava a promoção da conservação de energia na indústria – desenvolvimento de produtos e processos energeticamente eficientes e estímulo a substituição de energéticos importados por fontes alternativas internas. Este programa foi responsável por uma queda em torno de 18% no consumo industrial de óleo combustível já no ano de seu lançamento (DE SOUZA & GUERRA & KRUGER, 2011).

2.1.1.2 Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL)

O PROCEL foi criado em 1985 como iniciativa conjunta do Ministério de Minas e Energia (MME) e do Ministério da Indústria e do Comércio (MIC). Em 1991 o PROCEL foi transformado em programa do governo, tendo assim as suas responsabilidades ampliadas, articulando-se com todos os segmentos da sociedade direta ou indiretamente ligados ao uso e produção de energia elétrica. Para a sua implementação, foram criados o Grupo Coordenador de Conservação de energia (GCCE), como órgão de coordenação do PROCEL, e a Secretaria Executiva (SE) do GCCE, subordinada da ELETROBRÁS como órgão executivo (MARTINS, 1999).



Figura 1: Selo Procel Eletrobrás de Economia de Energia. Fonte: INMETRO, 2009.

No período de 1985 até 1989, considerada a primeira fase da estrutura organizacional e operacional do PROCEL, observaram-se questões como a preocupação com a pesquisa e desenvolvimento tecnológico, promoção de assistência tecnológica ao segmento industrial, disposição em promover e fomentar a pesquisa de comportamento do mercado consumidor e promoção da conservação de energia elétrica pela normalização, padronização e certificação de equipamentos empregados no uso final (DE SOUZA & GUERRA & KRUGER, 2011).

A criação do Programa Nacional de Racionalização da Produção e Uso de Energia (PROENERGIA) e a instituição do Departamento Nacional de Desenvolvimento Energético levaram à mudança de enfoque do PROCEL, à medida que sua característica de programa setorialista passou a ser contrabalanceada pela sua integração em uma política ampla de conservação de energia, baseada nas diretrizes do PROENERGIA (MARTINS, 1999).

Na segunda fase, entre 1991 e 1993, o PROCEL tornou-se o programa do governo federal. Nesse momento surgiram os Programas de Conservação de Energia nas

Concessionárias (PROCECON's), produtos de convênio entre a ELETROBRÁS e as concessionárias.

Na terceira fase, o PROCEL foi reestruturado com enfoque na incorporação de ações de eficiência energética no sistema elétrico. Destaca-se a redução de perdas dos sistemas de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica e, sobretudo, na definição objetiva dos potenciais e prioridades de conservação de energia elétrica em curto prazo, com a finalidade de alavancar os objetivos de longo prazo do programa. Projetos que possibilitassem a redução de perdas do sistema foram suportados e incentivados (DE SOUZA & GUERRA & KRUGER, 2011).

O PROCEL vem instituindo outros programas como o Prêmio Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, o Selo PROCEL, o PROCEL – EDUCAÇÃO, o PROCEL NA INDÚSTRIA, o PROCEL – EDIFICA, PROCEL nos Prédios Públicos e PROCEL SANEAR.

O Selo PROCEL foi desenvolvido pelo INMETRO em parceria com a ELETROBRÁS, tem como objetivo informar e orientar o consumidor na sua compra, indicando os produtos com maior nível de eficiência dentro de cada categoria, além de estimular a fabricação e a comercialização de produtos mais eficientes (ELETROBRÁS, 2012)

O PROCEL - EDUCAÇÃO foi criado pelo Ministério da Educação em parceria com o Ministério de Minas de Energia. O objetivo do programa é possibilitar os professores orientarem seus alunos sobre a eficiência energética e a redução de desperdícios (ELETROBRÁS, 2013).

O PROCEL – EDIFICA é o voltado para o Plano de Ação de eficiência energética em edificações que visa introduzir esse tipo de eficiência na cultura construtiva nacional, por maior da educação, da utilização de tecnologias energeticamente eficientes e do desenvolvimento de leis de eficiência energética (ELETROBRÁS, 2013).

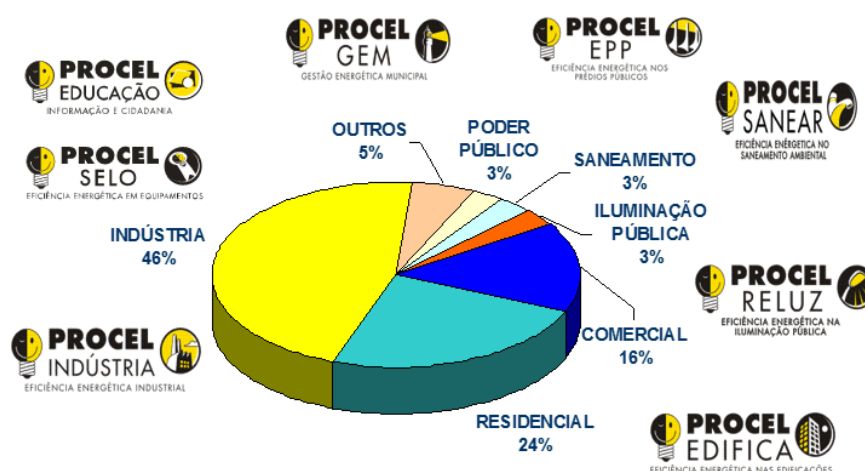


Figura 2: Consumo de energia elétrica no Brasil (%). Fonte: EPE.

2.2 CONTEXTO INTERNACIONAL DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

A eficiência energética passou a ser uma preocupação mundial a partir da primeira crise do petróleo, na década de 1970. Os países industrializados organizaram-se e fundos foram levantados para investimentos em projetos de eficiência energética e fontes renováveis de energia, cujo objetivo era diminuir a dependência em relação ao petróleo e derivados.

Em meados dos anos de 1980, o impacto da queima de combustíveis fósseis na variação climática global entrou na pauta de discussões em todo mundo. Resultado destas inquietações foi o Protocolo de Kyoto em 1997, acordo internacional em que os países signatários estabeleceram metas de redução de emissões de CO₂. Para atingir os objetivos propostos pelo protocolo, tornou-se imperativa a criação de mecanismos que estimulassem a eficiência em toda a cadeia energética (DE SOUZA & GUERRA & KRUGER, 2011).

A Tabela (1) resume o contexto da eficiência energética em outros países.

Tabela 1: Contexto Internacional da Eficiência Energética.

País	Programa/Regulamentação	Comentários
Reino Unido	<i>Electricity Standard of Performance (SoP)</i>	Com esse plano foram implementados modernos aquecedores de água, controle de aquecimento, melhorias no isolamento de paredes na construção civil, utilização de combustíveis alternativos, educação, iluminação eficiente e fomento a empreendimentos que contribuíssem com a conservação de energia.
França	Agência do Meio Ambiente e da Matriz Energética	As áreas que priorizaram são a economia dos resíduos, a poluição do ar e a matriz energética limpa.
Espanha	Instituto para a Diversificação e Economia Energética (IDAE)	Desenvolve projetos de fomento ao uso racional da energia e incentivo às fontes renováveis, auditorias energéticas, estímulo ao uso de combustíveis limpos e substituição de equipamentos obsoletos.
Canadá	<i>National Action Program on Climate</i>	Os principais programas são voltados à indústria, setor público, transportes, normalização de equipamentos na construção civil, programa de etiquetagem de equipamentos eficientes e orientação de consumidores, estímulo à construção e às reformas dentro de padrões eficientes e de conservação de energia.
EUA	<i>Energy Efficiency and Renewable Energy Network (EERN)</i>	Objetiva estimular a exploração de fontes renováveis e a competitividade econômica como forma de baixar custos e proteger o meio ambiente. O foco são empresas concessionárias de energia, a indústria e os setores de transporte e de construção civil.
Portugal	Programa Nacional para as Alterações Climáticas (PNAC)	Para que fosse cumprido o Protocolo de Kyoto, foi criado, em julho de 2004, o Programa Nacional para as Alterações Climáticas (PNAC) no qual foram definidas políticas e medidas necessárias nos vários setores, assim como os instrumentos necessários para o seu cumprimento

Outros países como Japão, Dinamarca, Noruega, Suécia, Nova Zelândia e Austrália desenvolvem programas similares buscando reduzir desperdícios de energia em todos os segmentos de consumo, por meio de mecanismos similares especialmente com a adoção de programas de etiquetagem e a normalização de produtos, métodos e processos industriais.

O Anexo IV resume alguns aspectos da Etiquetagem em Edificações em Portugal.

3 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS

Este capítulo trata a eficiência energética em edificações residenciais apresentando a metodologia a ser utilizada no desenvolvimento do trabalho.

3.1 INTRODUÇÃO

A eficiência energética nas edificações residenciais é classificada seguindo a regulamentação para etiquetagem, onde dispõe de métodos e requisitos técnicos para realizar essa classificação. Esta regulamentação pode ser aplicável a edifícios novos (edifícios ainda na planta) e existentes (já construídos), através de dois métodos: prescritivo ou de simulação computacional de desempenho. Como resultado da aplicação do Regulamento, o edifício pode receber uma Etiqueta que pretende evidenciar o nível de eficiência do edifício de “A” (mais eficiente) a “E” (menos eficiente). Desde 2012, este sistema de avaliação da eficiência passou a se chamar PBE - Edifica, e está sob responsabilidade da ELETROBRÁS e do INMETRO.

O método prescritivo utiliza equações, tabelas e parâmetros limites. A pontuação obtida representa o nível de eficiência parcial do sistema e total do edifício. Enquanto o método de simulação computacional compara o nível de eficiência do edifício ao de edifícios referenciais.

Nos edifícios residenciais são avaliados principalmente os seguintes sistemas: a envoltória, o sistema de iluminação e o sistema de ar condicionado. É possível para um edifício obter a Etiqueta parcial, quando apenas alguns destes sistemas são avaliados, ou a Etiqueta completa, quando todos os sistemas relacionados ao consumo de energia são avaliados conjuntamente. A Etiqueta é concedida primeiro para o Projeto técnico do edifício, e depois de uma Inspeção in loco para conferência da execução, o empreendimento recebe finalmente a Etiqueta de Edificação Construída (SANTOS, 2013).

De acordo com o RTQ – R, o nível de eficiência para edificações residenciais é classificado conforme as descrições dos itens correspondentes:

- **Unidades habitacionais autônomas:** onde avaliam-se os requisitos relativos ao desempenho térmico da envoltória, a eficiência do(s) sistema(s) de aquecimento de água e a eventuais bonificações.
- **Edificação Unifamiliar:** onde aplica-se o mesmo procedimento descrito acima para a unidade habitacional autônoma;

- **Edificações Multifamiliares:** aqui pondera-se o resultado da avaliação dos requisitos de todas as unidades habitacionais autônomas da edificação;
- **Áreas de uso comum:** avaliam-se os requisitos relativos a eficiência do sistema de iluminação artificial, do (s) sistema (s) de aquecimento de água, dos elevadores, das bombas centrífugas, dos equipamentos e de eventuais bonificações.

Com a pontuação final dessas análises atribui-se uma classificação que varia do nível A (mais eficiente) ao E (menos eficiente), conforme especificado na Fig. (3).

A avaliação da eficiência energética de uma edificação residencial pode gerar a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia – ENCE que reflete parte da instalação ou completa. A ENCE que reflete a classificação da instalação completa considera a envoltória, o sistema de iluminação e o sistema de condicionamento de ar, como mostrada na Fig. (3)

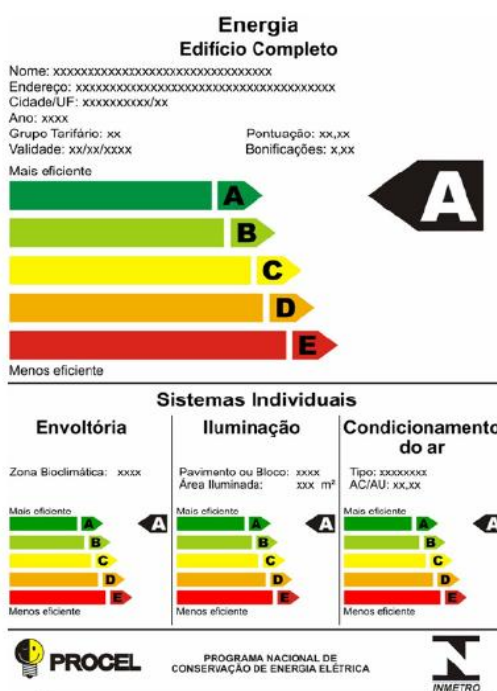


Figura 3: Etiqueta de Eficiência Energética de Edificações. Fonte: Inmetro, 2009.

3.2 METODOLOGIA PARA ETIQUETAGEM DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS

O RTQ-R, que será utilizado no decorrer do desenvolvimento do trabalho, apresenta requisitos para a classificação da eficiência energética de unidades habitacionais autônomas (UH), edificações unifamiliares, edificações multifamiliares e áreas de uso comum.

O Regulamento Técnico de Qualidade – Residencial (RTQ-R) visa estabelecer as condições para a classificação do nível de eficiência energética de edificações residenciais com o intuito de receber a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE). Ainda de caráter voluntário, o RTQ-R visa preparar o mercado construtivo, de forma gradativa, a assimilar a metodologia de classificação e obtenção da etiqueta, para futuramente tornar-se obrigatório (SOTOPIETRA, 2012).

Para as unidades habitacionais autônomas (UHs) e edificações unifamiliares há dois sistemas individuais que compõem o nível de eficiência energética de acordo com a Zona Bioclimática Brasileira e região geográfica em que a edificação se localiza: a envoltória e o sistema de aquecimento de ar.

A envoltória é entendida como os planos de fachadas e coberturas expostos da edificação, determina a carga térmica para o ar condicionado, além de definir a quantidade de luz natural e radiação direta, essenciais para o conforto térmico e luminoso (SOTOPIETRA, 2012).

A Zona Bioclimática Brasileira é dividida em oito diferentes zonas, conforme mostrado na Fig. 4. As oito zonas bioclimáticas são definidas de acordo com o clima e com as necessidades humanas de conforto para cada região. Para cada zona desenvolveu-se um conjunto de recomendações técnico-construtivas, com o objetivo de otimizar o desempenho térmico das edificações, através de sua melhor adequação climática. O Distrito Federal está localizado na Zona Bioclimática 4 (Z4).

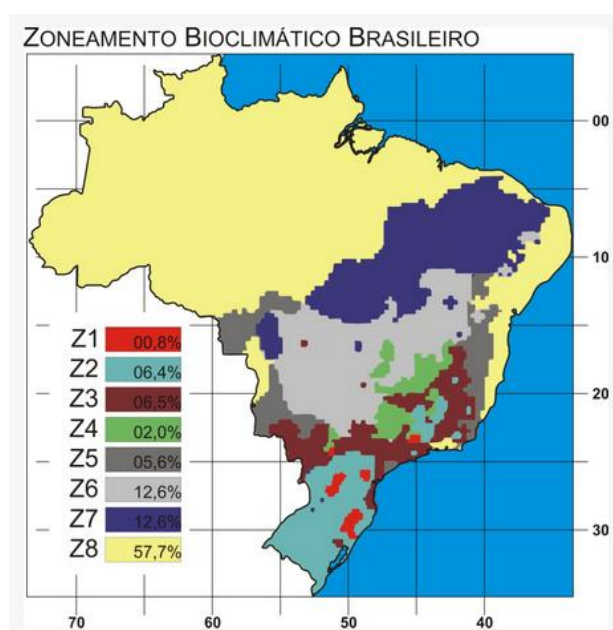


Figura 4: Zoneamento Bioclimático Brasileiro. Fonte: NBR 15.220-3

O processo da etiquetagem residencial começa pela identificação do tipo de espaço que se quer avaliar, sendo que existem três categorias: Unidades Habitacionais Autônomas (UHs), Edificações Multifamiliares e Áreas de Uso Comum de edificações residenciais. As UHs correspondem a uma unidade de uma edificação multifamiliar (apartamento) ou a uma edificação unifamiliar (casa). Para a avaliação de UHs e edificações multifamiliares a avaliação da eficiência da envoltória pode ser realizada através do método prescritivo, no qual são utilizadas equações de acordo com a Zona Bioclimática em que se encontra a edificação, ou através de simulação termo-energética. O método prescritivo será aplicado neste trabalho. A avaliação dos sistemas de aquecimento de água é realizada através de método prescritivo com exceção para sistemas de aquecimento solar que podem ser avaliados também através de simulação. Áreas de uso comum são avaliadas apenas através de método prescritivo (SOTOPIETRA, 2012).

Dentro das áreas de uso comum são avaliadas as áreas comuns de uso frequente (iluminação artificial, bombas centrífugas e elevadores) e áreas comuns de uso eventual (iluminação artificial, equipamentos, sistema de aquecimento de água para banho, piscina e sauna) existentes na edificação.

Para que haja níveis de eficiência mais elevados é preciso atender certos pré – requisitos para cada um dos sistemas analisados. Além disso há possibilidade de bonificações que representam pontos extras e visam incentivar o uso de estratégias mais eficientes. Á partir destas verificações é obtida a Pontuação Total e seu nível de eficiência correspondente.

O nível de eficiência de cada requisito equivale a um número de pontos correspondentes, o qual é ilustrado na Tabela (2).

Tabela 2: Equivalente Numérico para cada nível de eficiência. Fonte: Inmetro, 2010.

Nível de Eficiência	<i>EqNum</i>
A	5
B	4
C	3
D	2
E	1

É ilustrado na Tabela (3) o intervalo de pontuação atingido para cada nível de eficiência.

Tabela 3: Classificação do nível de eficiência de acordo com a pontuação obtida. Fonte: Inmetro, 2010.

Pontuação (PT)	Nível de eficiência
$PT \geq 4,5$	A
$3,5 \leq PT < 4,5$	B
$2,5 \leq PT < 3,5$	C
$1,5 \leq PT < 2,5$	D
$PT < 1,5$	E

3.2.1 Unidades Habitacionais Autônomas (UH)

É definido como um bem imóvel destinado e dotado de acesso independente, sendo constituído por, no mínimo, banheiro, dormitório, cozinha e sala, podendo estes três últimos serem conjugados. Corresponde a uma unidade de edificação multifamiliar (edificação que possui mais de uma unidade habitacional autônoma em um mesmo lote, em relação de condomínio, podendo configurar edifícios de apartamentos, sobrados ou grupamento de edificações) ou uma edificação unifamiliar (possui uma única unidade habitacional autônoma no lote). (INMETRO, 2010)

O nível de eficiência energética das Unidades Habitacionais Autônomas (UHs) é classificado através do resultado da distribuição dos pesos de acordo com a equação (1) abaixo, utilizando os coeficientes da tabela (4), que aponta os coeficientes de cada região geográfica onde a edificação se localiza (INMETRO, 2010).

$$PT_{UH} = (\alpha \times EqNumEnv) + [(1 - \alpha) \times EqNumAA] + Bonificações \quad (1)$$

Onde,

PT_{UH} : Pontuação total do nível de eficiência da unidade habitacional autônoma;

α : coeficiente da tabela 5 adotado de acordo com a região geográfica (mapa político do Brasil) onde a edificação está instalada;

$EqNumEnv$: equivalente numérico do desempenho térmico da envoltória da unidade habitacional autônoma quando ventilada naturalmente;

$EqNumAA$: equivalente numérico do sistema de aquecimento de água;

Bonificações: pontuação atribuída a iniciativas que aumentem a eficiência da edificação.

Tabela 4: Coeficientes da equação (1). Fonte: Inmetro, 2010.

Coeficiente	Região Geográfica				
α	Norte	Nordeste	Centro - Oeste	Sudeste	Sul
	0,95	0,90	0,65	0,65	0,65

O número de pontos obtidos na equação (1) irá definir a classificação final da unidade habitacional autônoma, de acordo com a tabela (3).

Na figura abaixo é ilustrado um exemplo de modelo da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia - ENCE que a Unidade Habitacional Autônoma obterá em função das classificações alcançadas.



Figura 5: Modelo da ENCE para unidade habitacional autônoma. Fonte: Inmetro, 2010

3.2.1.1 Pré requisitos da envoltória

Antes de avaliar os requisitos necessários para a obtenção da etiqueta final, se faz necessário à avaliação da transmitância, capacidade térmica e absorvância das superfícies, ventilação natural e iluminação natural.

3.2.1.1.1 Transmitância térmica, capacidade térmica e absorvância solar das superfícies

A transmitância térmica, a capacidade térmica e a absorvância solar de componentes opacos são os primeiros parâmetros a serem cumpridos. Estes parâmetros diferenciam coberturas e paredes exteriores ao exigir diferentes limites de propriedades térmicas para cada caso. As aberturas e as paredes internas não entram no cálculo destes três parâmetros.

Este pré-requisito se aplica apenas aos ambientes de permanência prolongada, são eles: salas e quartos. Caso o pré-requisito não seja atendido em algum destes ambientes, somente este ambiente obtém nível de eficiência C nos equivalentes numéricos da envoltória

do ambiente para resfriamento ($EqNumEnvAmbRes$), para aquecimento ($EqNumEnvAmbA$) e para refrigeração ($EqNumEnvAmbRefrig$).

A tabela 4 abaixo apresenta os limites que devem ser atendidos por coberturas e paredes externas, para cada Zona Bioclimática (ZB). Nela pode-se observar que não há limite para a absorptância. Este parâmetro serve para determinar os limites dos outros dois parâmetros (transmitância e capacidade térmica).

Tabela 5: Pré-requisitos de absorptância solar, transmitância térmica e capacidade térmica. Fonte: Inmetro, 2010.

Zona Bioclimática	Componente	Absortância solar (adimensional)	Transmitância térmica [W/(m ² K)]	Capacidade térmica [kJ/(m ² K)]
ZB1 e ZB2	Parede	Sem exigência	$U \leq 2,50$	$CT \geq 130$
	Cobertura	Sem exigência	$U \leq 2,30$	Sem exigência
ZB3 a ZB6	Parede	$\alpha \leq 0,6$	$U \leq 3,70$	$CT \geq 130$
		$\alpha > 0,6$	$U \leq 2,50$	$CT \geq 130$
	Cobertura	$\alpha \leq 0,6$	$U \leq 2,30$	Sem exigência
		$\alpha > 0,6$	$U \leq 1,50$	Sem exigência
ZB7	Parede	$\alpha \leq 0,6$	$U \leq 3,70$	$CT \geq 130$
		$\alpha > 0,6$	$U \leq 2,50$	$CT \geq 130$
	Cobertura	$\alpha \leq 0,4$	$U \leq 2,30$	Sem exigência
		$\alpha > 0,4$	$U \leq 1,50$	Sem exigência
ZB8	Parede	$\alpha \leq 0,6$	$U \leq 3,70$	Sem exigência
		$\alpha > 0,6$	$U \leq 2,50$	Sem exigência
	Cobertura	$\alpha \leq 0,4$	$U \leq 2,30$	Sem exigência
		$\alpha > 0,4$	$U \leq 1,50$	Sem exigência

3.2.1.1.2 Ventilação Natural

a) Percentual de áreas mínimas de abertura para ventilação:

O pré-requisito de percentual de áreas mínimas e abertura para ventilação deve ser avaliado nos ambientes de permanência prolongada. Em ambientes integrados deve-se considerar um único ambiente e aplicar o pré-requisito considerando como área de piso a soma das áreas dos ambientes e área de abertura para ventilação existentes nestes ambientes. O percentual que deve-se respeitar é referente a Tabela (6).

Para os banheiros não há um percentual mínimo exigido. Porém, para obtenção do nível A na envoltória, a maioria deles deve possuir ventilação natural. Por exemplo, se em uma UH que possui dois banheiros, um deles possuir ventilação mecânica, automaticamente a

envoltória da edificação obterá no máximo nível B. Em uma UH com três banheiros, se um deles possuir ventilação mecânica e os outros dois ventilações naturais, o pré-requisito é atendido, possibilitando a envoltória da UH atingir nível A.

Caso o pré-requisito não seja atendido em algum ambiente, implica em no máximo nível C no equivalente numérico da envoltória do ambiente para resfriamento ($EqNumEnvAmbResfr$).

Tabela 6: Percentual de áreas mínimas para ventilação em relação à área útil do ambiente. Fonte: Inmetro, 2010.

Ambiente	Percentual de abertura para ventilação em relação à área de piso (A)		
	ZB 1 a 6	ZB 7	ZB 8
Ambientes de permanência prolongada	$A \geq 8\%$	$A \geq 5\%$	$A \geq 10\%$

A abertura para ventilação é calculada de acordo com a equação (2).

$$A = 100 \left(\frac{A_v}{AU_{amb}} \right) \quad (2)$$

Onde,

A : percentual de abertura em relação à área útil do ambiente (%);

A_v : área de abertura para ventilação (m²);

AU_{amb} : área útil do ambiente (m²).

b) Ventilação Cruzada:

A UH das Zonas Bioclimáticas de 2 a 8 deve possuir ventilação cruzada disposta pelo sistema de aberturas como um todo e não de cada ambiente individualmente. Portas de acesso principal e de serviço não serão consideradas. O projeto deve prever condições de escoamento de ar entre as aberturas localizadas em pelo menos duas fachadas diferentes (opostas ou adjacentes) e orientações da edificação, permitindo o fluxo de ar necessário para atender condições de conforto. As aberturas devem atender à proporção indicada na equação (3). Caso não cumpra o pré-requisito citado, a UH atingirá no máximo nível C no equivalente numérico da envoltória para resfriamento ($EqNumEnvResfr$).

$$\frac{A_2}{A_1} \geq 0,25 \quad (3)$$

Onde:

A_1 : somatória das áreas efetivas de aberturas para ventilação localizadas nas fachadas da orientação com maior área de abertura para ventilação (m²);

A2: somatório das áreas efetivas de abertura para ventilação localizadas nas fachadas das demais orientações (m²).

3.2.1.1.3 Iluminação Natural

Para obtenção de nível máximo de eficiência, o acesso à iluminação natural em ambientes de permanência prolongada deve ser garantido por uma ou mais aberturas para o exterior. A soma das áreas de aberturas para iluminação natural desses ambientes deve corresponder a no mínimo 12,5% da área do piso, quando estes não excedem a 15m² de piso, caso ocorrer de um ambiente for maior que esta metragem, considera-se apenas os 15m², desconsiderando o excedente. A área de corredor deve ser desconsiderada do cálculo da área útil do ambiente, mesmo se o corredor for contíguo a algum ambiente de permanência prolongada. Para a obtenção desta área, deve-se calcular a área efetiva de abertura para iluminação, desconsiderando os caixilhos. O não atendimento a este pré-requisito implica na obtenção de no máximo nível C nos equivalentes numéricos da envoltória do ambiente para resfriamento (*EqNumEnvAmbResfr*), para aquecimento (*EqNumEnvAmbA*) e para refrigeração (*EqNumEnvAmbRefrig*).

3.2.1.2 Sistema de Aquecimento de água

O sistema de aquecimento de água depende dos equipamentos utilizados, logo não serão avaliadas esperas para futuras instalações, apenas os sistemas entregues instalados pelo empreendedor. O RTQ -R diz que caso não exista sistema instalado deve-se adotar o equivalente numérico de aquecimento de água (*EqNumAA*) igual a 1, ou seja, nível E.

O pré-requisito para se tornar um sistema eficiente de aquecimento depende dos materiais utilizados na sua instalação. O sistema a ser entregue ao cliente será para instalação de aquecimento a gás do tipo instantâneo (devido a área fornecida para instalação do aparelho), os demais sistemas podem ser visualizados no RTQ-R.

3.2.1.2.1 Pré-Requisitos para o sistema de Aquecimento de água

As tubulações adotadas devem atender às normas técnicas vigentes e devem ser apropriadas para a função de condução. Como pré-requisito para os níveis A e B, o projeto de instalações hidros sanitárias deve comprovar que as tubulações metálicas para água quente possuem isolamento térmico com espessura mínima, em centímetros (cm), determinada de acordo com o diâmetro nominal da tubulação, este cálculo está demonstrado no RTQ-R. Nas tubulações não metálicas para água quente, a espessura mínima do isolamento deve ser de 1,0

cm, para qualquer diâmetro nominal de tubulação, com condutividade térmica entre 0,032 e 0,040 W/mK.

3.2.1.3 Bonificações

Algumas bonificações são alcançadas com iniciativas que aumentam a eficiência energética da UH. Estas bonificações variam de acordo com o item a ser analisado, conforme a equação (4). Na Tabela (7) é mostrada a pontuação máxima de bonificações para cada requisito.

$$\text{Bonificações} = B1 + B2 + B3 + B4 + B5 + B6 + B7 + B8 \quad (4)$$

Tabela 7: Bonificações. Fonte: Inmetro, 2010.

BONIFICAÇÕES		
B1	Ventilação Natural	0,4
B2	Iluminação Natural	0,3
B3	Uso Racional de Água	0,2
B4	Condicionamento de Ar	0,2
B5	Iluminação Artificial	0,1
B6	Ventiladores de Teto	0,1
B7	Refrigeradores	0,1
B8	Medição Individualizada	0,1
TOTAL		1,5

3.2.1.3.1 Ventilação Natural (B1)

As UHs de até dois pavimentos devem comprovar a existência de porosidade mínima de 20% em pelo menos duas fachadas de orientações distintas, expressa pela relação entre a área efetiva de abertura para ventilação e a área da fachada (a verificação da porosidade é feita para cada fachada). Em edifícios verticais, essa porosidade pode ser reduzida em função da altura das aberturas de entrada do vento, medida em relação ao nível médio do meio – fio e o centro geométrico dessas aberturas, multiplicando-a pelo valor do coeficiente de redução da porosidade obtido na Tabela (8). Se atender a este requisito deve-se adicionar 0,12 pontos.

Tabela 8: Coeficiente de redução da porosidade. Fonte: Inmetro, 2010.

Pavimento	Altura da abertura (m)	Coeficiente redutor da porosidade
3	7,5	0,8
4	10,5	0,7
5	13,5	0,7
6	16,5	0,6
7	19,5	0,6
8	22,5	0,6
9	25,5	0,5
10	28,5	0,5
11	31,5	0,5
12	34,5	0,5
13	37,5	0,5
14	40,5	0,5
15	43,5	0,5
...		

Para alcançar uma maior bonificação devem-se considerar os ambientes de permanência prolongada da UH, que possuem dispositivos especiais de desempenho da ventilação natural, porém permitam o controle da luz natural, de chuvas e raios solares e a manutenção da privacidade, como por exemplo: as venezianas móveis e os peitoris ventilados. A pontuação adicional adquirida é de 0,16 pontos.

Podem ser somados mais 0,06 pontos se o centro geométrico das aberturas externas estiver entre 0,4 e 0,7 metros a partir do piso.

Para a Zona Bioclimática 8 há a possibilidade da adição de mais 0,06 pontos com o cumprimento de outros requisitos que não se aplicam a este trabalho.

3.2.1.3.2 Iluminação Natural (B2)

a) Profundidade de ambientes com iluminação natural proveniente de aberturas laterais (0,2 pontos):

Nos ambientes de permanência prolongada, cozinha e área de serviço/lavanderia que atendem a proporção 50% mais um, com iluminação natural lateral deve ter profundidade máxima calculada através da equação (5). Caso existam aberturas em paredes diferentes em um mesmo local, é considerada a menor profundidade.

$$P \leq 2,4 \times ha \quad (5)$$

Onde,

P = profundidade do ambiente (m);

ha = distância medida entre o piso e a altura máxima da abertura para iluminação (m), excluindo caixilhos.

Se atender esta condição a UH adiciona 0,2 pontos.

b) Refletância do Teto (0,1 pontos):

Cada ambiente de permanência prolongada, cozinha e área de serviço/lavanderia deve ter refletância do teto acima de 60%.

Para atender a este requisito deve-se ter tetos e paredes internas em cor clara.

Se atender esta condição a UH adiciona 0,1 pontos.

3.2.1.3.3 Uso Racional de Água (B3)

As UHs devem possuir uma combinação entre sistemas de captação de água de chuva e equipamentos economizadores. O atendimento total deste item atribuí até 0,2 pontos, conforme a equação (6).

$$B3 = 0,07 \cdot \left(\frac{BS_{AP}}{BS} \right) + 0,04 \cdot \left(\frac{BS_E}{BS} \right) + \left(\frac{CH_E}{CH} \right) + 0,02 \cdot \left(\frac{T_E}{T} \right) + 0,03 \cdot \frac{OUTROS_{AP}}{OUTROS} \quad (6)$$

Onde,

B3 = bonificação de uso racional de água;

BSAP = quantidade de bacias sanitárias atendidas por água pluvial;

BS = quantidade de bacias sanitárias existentes;

BSE = quantidades de bacias sanitárias com sistema de descarga com duplo acionamento;

CHE = quantidade de chuveiros com restritor de vazão;

CH = quantidade de chuveiros existentes;

TE = quantidade de torneiras com arejador de vazão constante (6 litros/minuto), regulador de vazão ou restritor de vazão;

T = quantidade de torneiras existentes na UH, excluindo as torneiras das áreas de uso comum;

OUTROSAP = quantidade de outros pontos atendidos por água pluvial, excluindo bacias sanitárias;

OUTROS = quantidade de outros pontos passíveis de serem atendidos por água pluvial, excluindo as bacias sanitárias.

3.2.1.3.4 Condicionamento de ar (B4)

Para ser possível esta bonificação, a envoltória da UH deve atingir nível A de eficiência quando condicionada artificialmente.

Podem ser somados até 0,2 pontos extras. Esta pontuação é fornecida proporcionalmente ao número de ambientes de permanência prolongada que possuem ar condicionado com ENCE A ou aparelhos que estão de acordo com as normas brasileiras de condicionamento de ar doméstico, regulamentado pelo Inmetro.

3.2.1.3.5 Iluminação Artificial (B5)

Quando 50% das fontes de iluminação artificial possuírem eficiência superior a 75lm/W ou com Selo Procel em todos os ambientes, podem ser obtidos 0,05 pontos. Caso as UHs atender a proporção de 100%, a pontuação fica em 0,1.

Para a verificação devem-se considerar a última versão das tabelas do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) para lâmpadas, publicadas na página do Inmetro. Para os tipos de lâmpada que não fazem parte do PBE, a eficiência luminosa deve ser medida ou fornecida pelo fabricante.

3.2.1.3.6 Ventiladores de Teto (B6)

Para Zonas Bioclimáticas 2 a 8, as UHs devem possuir em dois terços dos ambientes de permanência prolongada ventiladores de teto. Para os ventiladores, devem-se considerar a última versão das tabelas do PBE. A bonificação extra é de 0,10 pontos.

3.2.1.3.7 Refrigeradores (B7)

Para atingir a pontuação devem-se garantir as condições adequadas de instalação conforme recomendações do fabricante, especificamente no que se refere à distância mínima recomendada para ventilação da serpentina trocadora de calor externa. Caso não haja no manual do refrigerador recomendações em relação às distâncias de instalação, deve-se utilizar espaçamento de 10 cm nas laterais e de 15 cm na parte superior e atrás. O refrigerador deve estar sombreado e não ser instalado em fontes que tenham calor próximo. Para atingir os 0,10 pontos deste requisito, os refrigerados necessitam ter Selo Procel ou ENCE nível A.

3.2.1.3.8 Medição Individualizada (B8)

Se o sistema de aquecimento de água for compartilhado por mais de uma unidade, deve-se medir individualmente seus gastos. Esse requisito fornece 0,10 pontos.

3.2.2 Edificações Multifamiliares

Esse tipo de edificação possui seu nível de eficiência mensurado pelo resultado da ponderação da classificação de todas as unidades habitacionais autônomas de edificação pela área útil das UHs, excluindo terraços e varandas.

Quando as edificações multifamiliares são novas, todas as unidades habitacionais autônomas devem, obrigatoriamente, serem avaliadas. Em edificações existentes pode-se avaliar UHs individualmente.

A Fig. 7 ilustra a diferença entre o equivalente numérico da unidade autônoma e o equivalente numérico de edifícios multifamiliares.

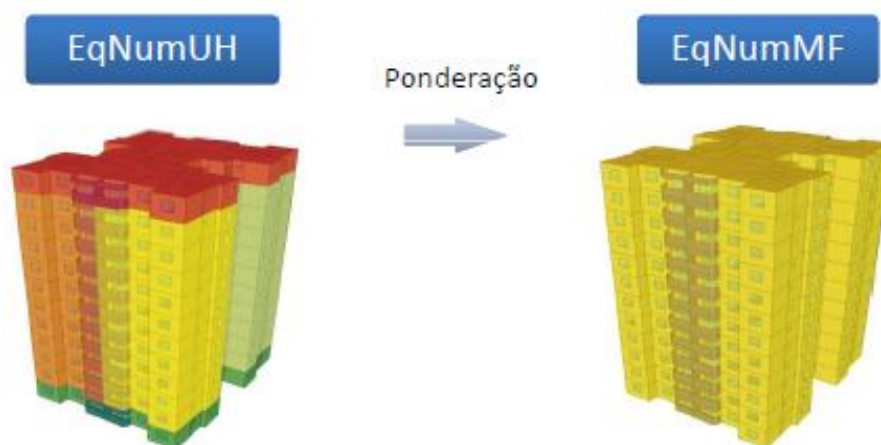


Figura 7: Edifícios Multifamiliares.

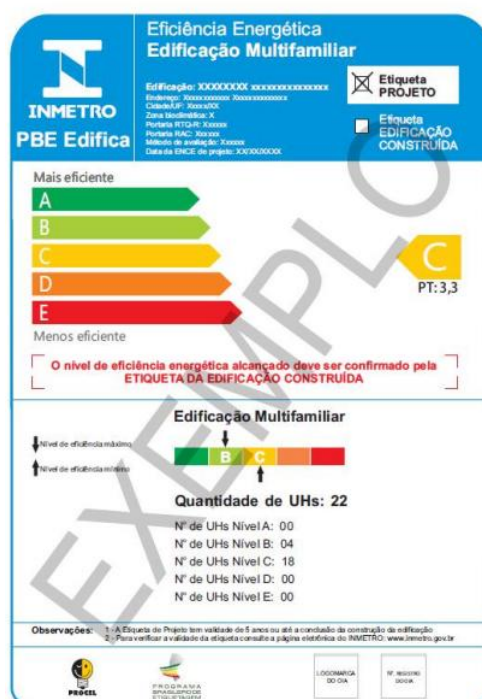


Figura 8: Modelo da ENCE para edificações multifamiliares. Fonte: Inmetro, 2010

3.2.3 Áreas De Uso Comum

Este item estabelece critérios para avaliação de ambientes de uso coletivo de edificações multifamiliares ou de condomínios de edificações multifamiliares. Estão incluídos neste item áreas comuns de uso frequente e áreas comuns de uso eventual.

O nível de eficiência energética desse tipo de área é classificado de acordo com o resultado da distribuição dos pesos através da equação (7).

$$\begin{aligned}
PT_{AC} &= 0,7 \times \left(\frac{EqNumIllum_F \times PIlum_F + EqNumB_F \times PB_F}{PIlum_F + PB_F} \right) + EqNumElev \\
&\times \left(\frac{EqNumIllum_E \times PIlum_E + EqNumEq_E \times PEq_E + EqNumAA_E \times PAA_E + EqNumS \times PS}{PIlum_E + PEq_E + PAA_E + PS} \right) + Bonificações
\end{aligned} \quad (7)$$

Considerando,

PT_{AC} : pontuação total do nível de eficiência da área de uso comum;

$EqNumIllum$: equivalente numérico do sistema de iluminação artificial;

$PIlum$: potência instalada para iluminação;

$EqNumB$: equivalente numérico das bombas centrífugas;

PB : potência instalada para bombas centrífugas;

$EqNumEq$: equivalente numérico dos equipamentos;

PEq : potência instalada para equipamentos;

$EqNumElev$: equivalente numérico dos elevadores;

$EqNumAA$: equivalente numérico do sistema de aquecimento de água;

PAA : potência instalada para aquecimento de água;

$EqNumS$: equivalente numérico da sauna;

PS : potência instalada para a sauna;

$Bonificações$: pontuação atribuída a iniciativas que aumentem a eficiência da edificação;

F : corresponde às áreas comuns de uso frequente;

E : corresponde às áreas comuns de uso eventual.

Na ausência de elevadores, a fórmula a ser aplicada é reduzida a equação (8) conforme descrito abaixo.

$$\begin{aligned}
PT_{AC} &= 0,7 \times \left(\frac{EqNumIllum_F \times PIlum_F \times EqNumB_F \times PB_F}{PIlum_F + PB_F} \right) + 0,3 \times \\
&\left(\frac{EqNumIllum_E \times PIlum_E + EqNumEq_E \times PEq_E + EqNumAA_E \times PAA_E + EqNumS \times PS}{PIlum_E + PEq_E + PAA_E + PS} \right) + Bonificações
\end{aligned} \quad (8)$$

Quando não há áreas comuns de uso eventual a fórmula a ser aplicada é reduzida à equação (9).

$$PT_{AC} = \frac{\left(\frac{EqNumIllum_F \times PIlum_F \times EqNumB_F \times PB_F}{PIlum_F + PB_F} \right) + EqNumElev}{2} + Bonificações \quad (9)$$

Desta forma a Fig. 9 ilustra um modelo da ENCE para áreas de uso comum, tanto uso frequente como uso eventual.

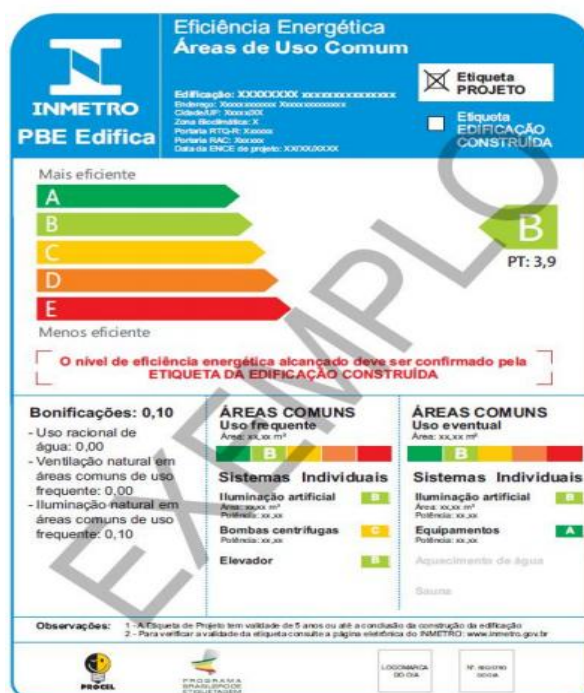


Figura 9: Modelo ENCE para áreas de uso comum. Fonte: Inmetro, 2010

3.2.3.1 Áreas Comuns de Uso Frequente

Segundo o Inmetro (2005), o principal pré-requisito para que esse tipo de área obtenha nível A é que os motores elétricos de indução trifásicos instalados na edificação sejam de alto rendimento e que as garagens sem ventilação natural disponham de sistemas de ventilação mecânica com controle do nível de monóxido de carbono (CO). Caso este pré-requisito não seja atendido, as áreas comuns de uso frequente recebem a classificação nível E.

3.2.3.1.1 Iluminação Artificial

Para classificar o sistema de iluminação artificial de áreas comuns de uso frequente deve – se seguir os critérios dispostos na tabela (9), de acordo com o nível de eficiência almejado.

Tabela 9: Critérios para a classificação do sistema de iluminação artificial para áreas comuns de uso frequente. Fonte: Inmetro, 2010.

Dispositivo	Nível A	Nível B	Nível C	Nível D
Fluorescentes Tubulares	$\eta^* \geq 84\text{lm/W}$	$75 \leq \eta < 84\text{lm/W}$	$70 \leq \eta < 75\text{lm/W}$	$60 \leq \eta < 70\text{lm/W}$
Reatores para fluorescentes tubulares	Eletrônicos com Selo Procel	Eletrônicos com Selo Procel	Fator de potência $\geq 0,95$	Fator de potência $< 0,95$
Fluorescentes Compactas	Selo Procel	ENCE B	ENCE C	ENCE D
LED**	$\eta \geq 75\text{lm/W}$	$50 \leq \eta < 75\text{lm/W}$	$30 \leq \eta < 50\text{lm/W}$	$\eta < 30 \text{ lm/W}$
Lâmpadas de vapor de sódio	Selo Procel	ENCE B	ENCE C	ENCE D
Reatores para lâmpadas de vapor de sódio	Eletromagnéticos com Selo Procel	Eletromagnéticos com Selo Procel	Fator de potência $\geq 0,90$	Fator de potência $< 0,90$
Automação na iluminação intermitente	Sim	Sim	Não	Não

* η : Eficiência Luminosa;

***Light Emitting Diode* (Diodo Emissor de Luz).

O sistema de iluminação artificial obtém nível A ou B quando este, em áreas externas, como jardins, estacionamentos externos, acessos de veículos e pedestres - não for projetado para funcionar durante todo o dia. O sistema deve incluir uma programação de controle por horário ou uma foto sensor capaz de desligar automaticamente o sistema de iluminação artificial quando houver luz natural suficiente ou quando a iluminação externa não for necessária. Vale ressaltar que há exceção quando a iluminação de entrada ou saída de pessoas e veículos que exijam segurança ou vigilância. (INMETRO, 2010)

3.2.3.1.2 Bombas Centrífugas

O nível de eficiência das bombas centrífugas é classificado de acordo com o percentual de rendimento do conjunto ilustrado na tabela (10). Esse sistema deve fazer parte também do Programa Brasileiro de Etiquetagem – PBE, pois se não o fizer, consequentemente, recebe nível E. Uma exceção é aberta com as bombas cuja potência não é coberta pelo PBE, devendo estar dimensionadas corretamente para a vazão e pressão requeridas (INMETRO, 2010).

Tabela 10: Classificação da eficiência das bombas centrífugas. Fonte: Inmetro, 2010

Rendimento do conjunto (%)	Nível de Eficiência
Rend. $\geq 59,0$	A
$47,5 < \text{Rend.} < 58,9$	B
$36,0 < \text{Rend.} < 47,4$	C
$24,5 < \text{Rend.} < 35,9$	D
Rend. $< 24,4$	E

3.2.3.1.3 Elevadores

A eficiência dos elevadores é atribuída em função da demanda específica de energia, que é baseado na demanda de energia em *standby* e na demanda em viagem. Para tanto, deve-se definir a categoria de uso do elevador dentre as quatro categorias apresentadas na Tabela (11).

Tabela 11: Categoria de uso dos elevadores. Fonte: Inmetro, 2010

Categoria de uso	1	2	3	4
Intensidade/frequência de uso	muito baixa muito raramente	baixa raramente	média ocasionalmente	alta frequentemente
Tempo médio de viagem (h/dia)*	0,2 ($\leq 0,3$)	0,5 (de 0,3 a 1)	1,5 (de 1 a 2)	3 (de 2 a 4,5)
Tempo médio em <i>standby</i> (h/dia)	23,8	23,5	22,5	21
Tipos de edificações	Edificações residenciais com até 6 UHs	Edificações residenciais de 7 até 20 UHs	Edificações residenciais de 21 até 50 UHs	Edificações residenciais com mais de 50 UHs

Com o estabelecimento da categoria de uso acima, deve-se calcular a demanda específica de energia do elevador, conforme ilustrado em função da categoria de uso.

Onde,

Q_N : Carga nominal do elevador (Kg);

V_N : Velocidade nominal do elevador (m/s).

Tabela 12: Limites da demanda específica de energia para cada nível de eficiência energética em função a categoria de uso do elevador. Fonte: Inmetro, 2010.

Nível de eficiência energética	Demanda específica de energia do elevador (mWh/(kg.m))			
	Categoria de uso			
	1	2	3	4
A	$\frac{0,56 \text{ mWh}/(\text{kg.m}) + 50\text{W} \cdot 23,8\text{h} \cdot 1000}{Q_N \cdot v_N \cdot 0,2\text{h} \cdot 3600}$	$\frac{0,56 \text{ mWh}/(\text{kg.m}) + 50\text{W} \cdot 23,5\text{h} \cdot 1000}{Q_N \cdot v_N \cdot 0,5\text{h} \cdot 3600}$	$\frac{0,56 \text{ mWh}/(\text{kg.m}) + 50\text{W} \cdot 22,5\text{h} \cdot 1000}{Q_N \cdot v_N \cdot 1,5\text{h} \cdot 3600}$	$\frac{0,56 \text{ mWh}/(\text{kg.m}) + 50\text{W} \cdot 21,0\text{h} \cdot 1000}{Q_N \cdot v_N \cdot 3\text{h} \cdot 3600}$
B	$\frac{0,84 \text{ mWh}/(\text{kg.m}) + 100\text{W} \cdot 23,8\text{h} \cdot 1000}{Q_N \cdot v_N \cdot 0,2\text{h} \cdot 3600}$	$\frac{0,84 \text{ mWh}/(\text{kg.m}) + 100\text{W} \cdot 23,5\text{h} \cdot 1000}{Q_N \cdot v_N \cdot 0,5\text{h} \cdot 3600}$	$\frac{0,84 \text{ mWh}/(\text{kg.m}) + 100\text{W} \cdot 22,5\text{h} \cdot 1000}{Q_N \cdot v_N \cdot 1,5\text{h} \cdot 3600}$	$\frac{0,84 \text{ mWh}/(\text{kg.m}) + 100\text{W} \cdot 21,0\text{h} \cdot 1000}{Q_N \cdot v_N \cdot 3\text{h} \cdot 3600}$
C	$\frac{1,26 \text{ mWh}/(\text{kg.m}) + 200\text{W} \cdot 23,8\text{h} \cdot 1000}{Q_N \cdot v_N \cdot 0,2\text{h} \cdot 3600}$	$\frac{1,26 \text{ mWh}/(\text{kg.m}) + 200\text{W} \cdot 23,5\text{h} \cdot 1000}{Q_N \cdot v_N \cdot 0,5\text{h} \cdot 3600}$	$\frac{1,26 \text{ mWh}/(\text{kg.m}) + 200\text{W} \cdot 22,5\text{h} \cdot 1000}{Q_N \cdot v_N \cdot 1,5\text{h} \cdot 3600}$	$\frac{1,26 \text{ mWh}/(\text{kg.m}) + 200\text{W} \cdot 21,0\text{h} \cdot 1000}{Q_N \cdot v_N \cdot 3\text{h} \cdot 3600}$
D	$\frac{1,89 \text{ mWh}/(\text{kg.m}) + 4000\text{W} \cdot 23,8\text{h} \cdot 1000}{Q_N \cdot v_N \cdot 0,2\text{h} \cdot 3600}$	$\frac{1,89 \text{ mWh}/(\text{kg.m}) + 4000\text{W} \cdot 23,5\text{h} \cdot 1000}{Q_N \cdot v_N \cdot 0,5\text{h} \cdot 3600}$	$\frac{1,89 \text{ mWh}/(\text{kg.m}) + 4000\text{W} \cdot 22,5\text{h} \cdot 1000}{Q_N \cdot v_N \cdot 1,5\text{h} \cdot 3600}$	$\frac{1,89 \text{ mWh}/(\text{kg.m}) + 4000\text{W} \cdot 21,0\text{h} \cdot 1000}{Q_N \cdot v_N \cdot 3\text{h} \cdot 3600}$
E	$\frac{2,80 \text{ mWh}/(\text{kg.m}) + 800\text{W} \cdot 23,8\text{h} \cdot 1000}{Q_N \cdot v_N \cdot 0,2\text{h} \cdot 3600}$	$\frac{2,80 \text{ mWh}/(\text{kg.m}) + 800\text{W} \cdot 23,5\text{h} \cdot 1000}{Q_N \cdot v_N \cdot 0,5\text{h} \cdot 3600}$	$\frac{2,80 \text{ mWh}/(\text{kg.m}) + 800\text{W} \cdot 22,5\text{h} \cdot 1000}{Q_N \cdot v_N \cdot 1,5\text{h} \cdot 3600}$	$\frac{2,80 \text{ mWh}/(\text{kg.m}) + 800\text{W} \cdot 21,0\text{h} \cdot 1000}{Q_N \cdot v_N \cdot 3\text{h} \cdot 3600}$

3.2.3.2 Áreas Comuns de Uso Eventual

São consideradas áreas comuns de uso eventual: salões de festa, piscinas, brinquedotecas, banheiros coletivos, bicicletários, quadras poliesportivas, salas de cinema,

salas de estudo, salas de ginástica, churrasqueiras, saunas e demais espaços coletivos destinados ao lazer e descanso dos moradores.

A classificação do nível de eficiência das áreas comuns de uso eventual é atendida de acordo com os requisitos dos itens de Iluminação Artificial, Equipamentos, Sistemas de Aquecimento de Água e de Sauna, quando aplicáveis ao empreendimento.

3.2.3.2.1 Iluminação Artificial

Para classificar o sistema de iluminação artificial das áreas de uso eventual devem ser respeitados os critérios da Tabela (9) referente a sua classificação para áreas comuns de uso frequente. Nesta tabela o único critério que de exclusão é a “Automação na iluminação intermitente”, que não são aplicáveis a este tipo de área.

3.2.3.2.2 Equipamentos

a) Condicionadores de ar:

Os condicionadores de ar do tipo janela e do tipo *Split* devem possuir o Selo Procel, o qual recebem classificação nível A. Já os condicionadores de ar do tipo central ou condicionadores não regulamentados pelo Inmetro devem seguir os parâmetros definidos nos Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C), publicado pelo Inmetro.

b) Eletrodomésticos e equipamentos

Equipamentos como refrigeradores, frigobares, congeladores, lavadoras de roupa, ventiladores de teto, televisores e outros eletrodomésticos e equipamentos participantes ou que venham a fazer parte do PBE devem possuir o selo Procel. Caso contrário, sua classificação é considerada nível E.

Para fogões e fornos domésticos a gás, os níveis A e B são obtidos possuindo o Selo Conpet – Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural. Estes, entretanto, não entram no cálculo da potência instalada dos equipamentos (PEq).

3.2.3.2.3 Sistema de Aquecimento de Água

Este sistema tem como pré – requisitos de instalações:

- O projeto de instalações hidrossanitárias devem comprovar que as tubulações metálicas para água quente possuem isolamento térmico com a espessura mínima determinada conforme a tabela (12), atendendo ao comprimento da tubulação. Nas

tubulações não metálicas para água quente, a espessura mínima do isolamento deve ser de 1cm, para qualquer comprimento de tubulação, com condutividade térmica entre 0,032 e 0,040 W/mK.

- Para reservatórios de água quente instalados em sistemas que não sejam de aquecimento solar deve-se comprovar que a estrutura do reservatório apresenta resistência térmica mínima de 2,2 (m²K) /W.

Tabela 13: Espessura mínima de isolamento de tubulações para aquecimento de água. Fonte: Inmetro, 2010.

Temperatura da água (°C)	Condutividade térmica (W/mK)	Comprimento da tubulação (cm)	
		< 100	≥ 100
T ≥ 38	0,032 a 0,040	1 cm	2,5 cm

3.2.3.2.4 Sistema de aquecimento para piscinas

O sistema de aquecimento para piscinas deve ser feito através do aquecimento solar, a gás ou por bomba de calor para que receba um nível A. Esses sistemas atendem aos pré-requisitos gerais e aos pré-requisitos para sistema de aquecimento solar ou por bomba de calor, dependendo do sistema utilizado. Não sendo atendidos alguns dos pré-requisitos, este tipo de sistema recebe uma classificação de nível C. Piscinas com aquecimento por resistência elétrica recebem classificação nível E. (INMETRO, 2010)

O Inmetro (2010) define os seguintes pré-requisitos gerais para aquecimento das piscinas:

- O sistema de aquecimento da piscina deve ser instalado conforme especificações do manual de instalação e/ou projeto.
- A piscina deve ser entregue com uma capa térmica que a cubra na sua totalidade, para ser utilizada quando a piscina não estiver em uso.

3.2.3.2.5 Sauna

Para obtenção do nível A, o aquecimento da sauna deve ser realizado por um sistema a gás GLP (Gás Liquefeito de Petróleo), gás natural ou lenha e as paredes e portas devem possuir isolamento térmico mínimo de 0,5 m²K/W. Saunas a gás ou a lenha sem o referido isolamento recebem nível C, enquanto saunas com aquecimento elétrico recebem nível E em classificação.

3.2.4 Bonificações

As bonificações na área de uso comum têm como finalidade aumentar a eficiência desse tipo de área, as quais recebem até um ponto na sua classificação geral. A bonificação total alcançada é dada pela somatória das bonificações parciais, de acordo com a equação (7).

$$\text{Bonificações} = B1 + B2 + B3 \quad (7)$$

Onde,

Bonificações: pontuação atribuída a iniciativas que aumentem a eficiência das áreas de uso comum;

B1: referente ao uso racional de água, cuja pontuação varia de zero a 0,6 pontos;

B2: referente à iluminação natural em áreas comuns de uso frequente cuja pontuação varia de zero a 0,2 pontos;

B3: referente à ventilação natural em áreas comuns de uso frequente, cuja pontuação varia de zero a 0,2 pontos.

3.2.4.1 Uso racional de água (até 0,6 pontos)

Neste caso a bonificação é obtida com a combinação de sistemas e equipamentos que racionalizem a utilização da água, tais como: torneira com arejadores e/ou temporizadores, chuveiros com regulador de pressão, sanitários com descarga de duplo acionamento, mictórios com sensores, aproveitamento de água pluvial para descarga de bacias sanitárias, irrigação de jardins, limpeza de áreas externas e fachadas e usos em torneiras externas. Para tanto, deve – se comprovar economia mínima de 40% no consumo anual de água, considerando o dimensionamento para sistemas não econômicos nas mesmas condições de uso. Porém, para economias menores que 40% a bonificação recebida é proporcional à economia gerada. (INMETRO, 2010)

3.2.4.2 Iluminação natural em áreas comuns de uso frequente (até 0,2 pontos)

Para obter 0,1 ponto, garagens internas e 75% dos ambientes internos das áreas comuns de uso frequente devem apresentar dispositivos de iluminação natural como janelas, iluminação zenital ou de função similar, com área de no mínimo 1/10 da área do piso do ambiente.

3.2.4.3 Ventilação Natural em áreas comuns de uso frequente (até 0,2 pontos)

As garagens e os 75% dos ambientes internos das áreas comuns de uso frequente devem possuir aberturas voltadas para o exterior com área de abertura efetiva para ventilação mínima de 1/12 da área do piso do ambiente.

4 ESTUDO DE CASO

Este capítulo apresenta o estudo de caso para a avaliação do nível de eficiência energética do Edifício Central Valle Residence, localizado no Gama – DF.

4.1. INTRODUÇÃO

É notável perceber que a grande maioria das edificações não são projetadas levando em consideração a eficiência energética, ou seja, não consideram a economia de energia e consequentemente a redução dos custos do condomínio quando está em pleno funcionamento.

A necessidade do uso racional de energia elétrica é cada vez maior, pois há um aumento gradativo do consumo no setor residencial, e com isso se faz necessário uma análise da eficiência energética das edificações residenciais.

Um dos problemas relacionados é eficiência energética aplicada a residências decorre do fato de que a implantação de algumas medidas terem um custo inicial elevado, porém, a médio e longo prazo, esse custo é justificado e se consolida como um investimento, implicando diretamente na redução de consumo de energia elétrica quando associado a um melhor desempenho do sistema. (OLIVEIRA, 2011)

Com algumas mudanças simples é possível contribuir para uma melhor eficiência energética da edificação, como por exemplo, mudar os hábitos diários de consumo que diminuem o desperdício de energia elétrica.

Em uma edificação residencial o consumo de energia está principalmente ligado a ganhos ou perdas de calor pela envoltória do edifício, pelo uso de equipamentos, o uso da iluminação artificial e do condicionamento de ar.

Além do uso de soluções de tecnologias para diminuir o consumo energético, é de extrema importância também fazer trabalhos que sensibilizem a população para a geração de novos hábitos de uso e consumo de energia, por meio de campanhas educativas na mídia, em escolas e universidades.

Para preservar o conforto do ambiente nas edificações residenciais, o programa “Procel Edifica” procura promover a redução do consumo energético utilizando recursos como iluminação e ventilação naturais, e de automação, fazendo por fim, com que o conforto do ambiente não dependa exclusivamente de recursos artificiais.

O RTQ-R estabelece condições para classificação do nível de eficiência energética de edifícios residenciais, a fim de obter a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) emitida pelo INMETRO. O caráter voluntário do RTQ-R procura preparar o mercado de

forma gradativa para que haja uma boa assimilação da metodologia de classificação e obtenção da etiqueta.

A metodologia de classificação está presente no texto do RTQ-R, enquanto a metodologia de obtenção da etiqueta refere-se aos procedimentos para avaliação junto ao INMETRO, e está presente no regulamento de Avaliação da Conformidade do Nível de Eficiência Energética – RAC - R.

4.2 ESTUDO DE CASO: EDIFÍCIO CENTRAL VALLE RESIDENCE

Para o estudo de caso foi escolhida a edificação residencial Central Valle Residence, pois foi o primeiro edifício a possuir mais de 6 andares na cidade do Gama – DF, permitindo com que o estudo de caso se tornasse mais abrangente para a aplicação do método, ou seja, com mais elementos e detalhes a serem analisados.

A edificação contém áreas comerciais no térreo que não serão incluídas no presente estudo de caso para a aplicação do método prescritivo do RTQ-R. Para a avaliação do grau de eficiência energética da área comercial é aplicado o método do Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética em edificações comerciais e públicas – RTQ-C.

O Edifício Central Valle Residence está localizado no Centro, entre Quadras 52/54, Projeção 02, cidade do Gama – DF. É uma edificação residencial multifamiliar que contém áreas comuns de uso frequente e de uso eventual e três tipos de Unidades Habitacionais Autônomas (UHs). Possui 10 pavimentos, totalizando 90 apartamentos (10 apartamentos por pavimento e no último pavimento uma área comum de uso eventual para lazer, com piscina, sauna, banheiros e um ambiente para lavanderia). As paredes externas do edifício são na cor branca e as varandas são de cerâmica na cor verde escuro.



Figura 10: Hall de entrada do Edifício Central Valle Residence. Fonte MValle Construtora.

De acordo com as tabelas de eficiência energética disponibilizadas pelo PROCEL INFO, a edificação residencial está localizada em uma Zona Bioclimática 4 (ZB4), região Centro – Oeste.

Na edificação há 3 tipos de Unidades Habitacionais Autônomas, sendo eles:

- TIPO 1: Possui 2 ambientes, um formando a sala, o quarto e a cozinha e o outro, o banheiro. Há 2 apartamentos desse tipo por andar, totalizando 18 UHs. São os apartamentos 105 a 905, e 106 a 906.
- TIPO 2: Possui 3 ambientes, um formando a sala e a cozinha, um formando o quarto, e o outro, o banheiro. Há 4 apartamentos desse tipo por andar, totalizando 36 UHs. São os apartamentos 104 a 904, 101 a 901, 110 a 910, e 107 a 907.
- TIPO 3: Possui 4 ambientes, um formando a sala e a cozinha, dois formando os quartos, e o outro, o banheiro. Há 4 apartamentos desse tipo em cada um dos 9 pavimentos, totalizando 36 UHs. São os apartamentos 103 a 903, 102 a 902, 109 a 909, e 108 a 908..

Todas as UHs possuem uma varanda. Somente a UH TIPO 1 possui uma pequena área de circulação, como é mostrado na planta de um dos 9 pavimentos que possuem as UHs na Fig. 11.

Inicialmente os apartamentos TIPO 3 eram para ter somente um quarto, como é possível ver na Planta Pavimento Tipo do ANEXO I. Como todos os apartamentos do TIPO 3 foram modificados para dois quartos, a avaliação foi realizada considerando os apartamentos TIPO 3 com dois quartos.



Figura 11: Planta baixa de um dos pavimentos com UHs. Fonte MValle Construtora.

A área comum de uso frequente é composta por dois elevadores (serviço e social), banheiros, escadas de acesso, recepção, um hall de encontros e reuniões, e uma área de embarque e desembarque de passageiros. Nesta mesma área contém três ambientes comerciais, sendo duas lojas do lado esquerdo do térreo e uma do lado direito.



Figura 12: Planta baixa da área comum de uso frequente da parte residencial. Fonte MValle Construtora.

A área de comum de uso eventual está localizada no último andar da edificação, é constituída por elevadores, espaço gourmet, piscina, sauna, lavanderia, banheiros e áreas de lazer.



Figura 13: Planta baixa da área comum de uso eventual. Fonte MValle Construtora.

No subsolo da edificação há dois pavimentos de garagens, contendo cada um 25 vagas, elevadores e acesso às escadas. As entradas para cada um dos andares de garagem estão localizados em direções diferentes.

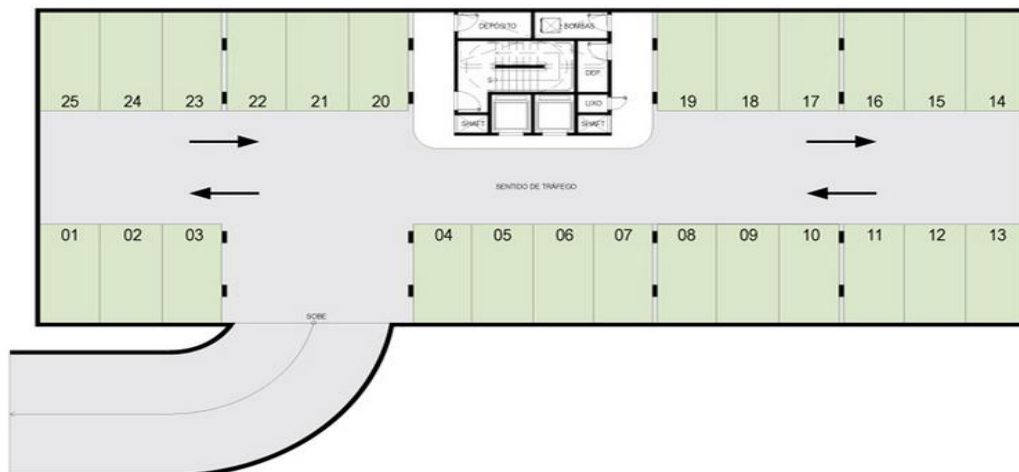


Figura 14: Planta baixa de um dos pavimentos para garagem. Fonte: MValle Construtora.

4.3 APLICAÇÃO DO MÉTODO

Este trabalho usa como base para a determinação do nível de eficiência energética do edifício residencial o documento denominado Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ – R), publicado na portaria nº 449 de 25 de novembro de 2010, E o Manual para Aplicação do RTQ-R, publicado em 2013.

A primeira etapa consiste na escolha do objeto de estudo e consequentemente no levantamento de dados acerca da edificação residencial.

São consideradas nesta análise as informações das plantas baixas, cortes, fachadas, projeto elétrico, memorial descritivo, sistema de condicionamento de ar e o sistema de iluminação da edificação residencial.

Para a classificação geral do edifício é preciso avaliar a envoltória, os sistemas de condicionamento de ar e de iluminação do edifício para enfim obter a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) para a Unidade Habitacional Autônoma (UH), a Edificação Multifamiliar e as Áreas de uso comum (AUC). As atividades compreendem na análise dos pré – requisitos e demonstração dos cálculos para a obtenção da eficiência energética.

4.4 ENVOLTÓRIA

Segundo SOTOPIETRA (2012), para a análise de seus pré-requisitos e verificação da envoltória se faz necessária informações de materiais empregados, esquadrias, o

conhecimento do projeto arquitetônico e das características que constituem a sua fachada, conforme a Fig. 15.



Figura 15: Fachada do Edifício Central Valle Residence

4.4.1 Absortância

A absortância (α) é uma grandeza adimensional que se tratando de uma superfície, depende exclusivamente do tipo de material, cor, com o qual essa superfície é composta.

As cores das pinturas aplicadas nas paredes externas podem ser visualizadas na imagem da fachada conforme a Fig. 15 e com as descrições da Tabela (14).

Tabela 14: Descrição dos acabamentos.

LOCAL	ACABAMENTO	COR CORRESPONDENTE	ABSORTÂNCIA
Paredes externas da edificação	Massa projetada na cor Futura Branco Neve	Branca	0,2
Paredes internas da UH	Massa projetada na cor Futura Branco Gelo	Branca	0,2
Teto da UH	Massa projetada na cor Futura Branco Neve	Branca	0,2

As cores especificadas como branco neve e branco gelo são consideradas na cartela da cor branca, logo será considerado o valor da absortância do branco, segundo a dissertação feita por DORNELLES (2004).

4.4.2 Paredes externas

Conforme as exigências da arquitetura são utilizadas, para as paredes externas, blocos cerâmicos nas dimensões de 9x14x24cm, com seis furos, assentados na menor dimensão e

rebocados em ambas as faces. A espessura máxima aceitável de reboco foi de 2,5 cm, sendo a espessura final de 14 cm. Conforme a Fig. 16.

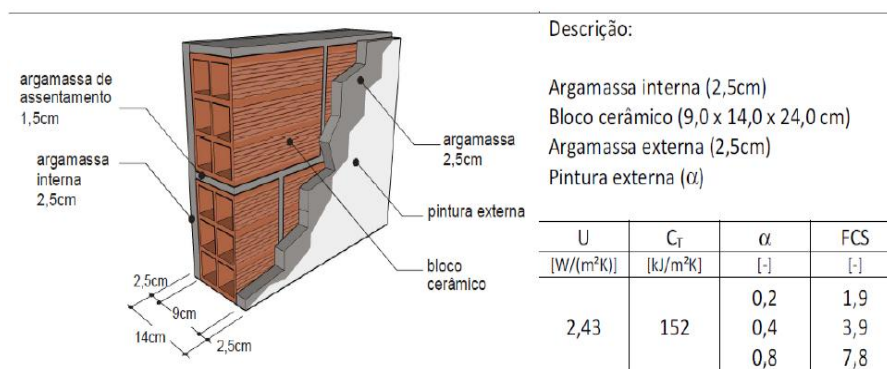


Figura 16: Configuração das paredes externas. Fonte: LabEEE, 2011

4.4.3 Coberturas

A cobertura da edificação é composta por laje pré-moldada de 12 cm de espessura, com concreto de 4 cm, lajota cerâmica de 7 cm e argamassa de 1 cm. A cobertura não possui telhamento e o concreto é pintado na cor branca. Conforme a Fig. 17.

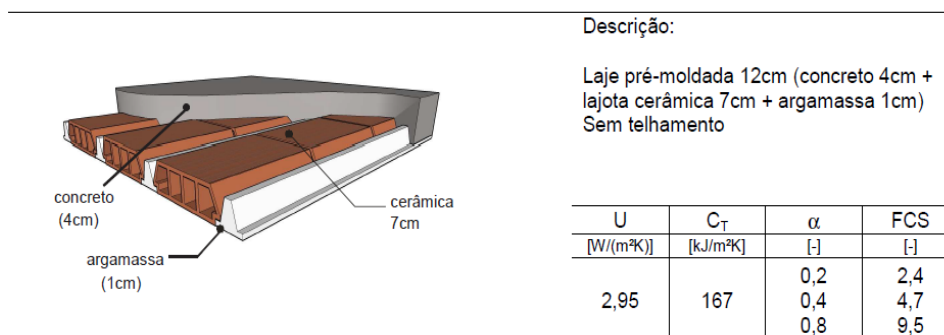


Figura 17: Configuração da cobertura. Fonte: LabEEE, 2011

4.4.4 Aberturas

Todas as esquadrias são de alumínio cinza e todas as aberturas possuem o mesmo tipo de vidro, sendo simples e incolor de espessura três milímetros.

Os ambientes sala/cozinha possuem portas de correr e os quartos possuem janelas com somente folhas de correr de vidro.

4.5 UNIDADES HABITACIONAIS AUTÔNOMAS

4.5.1 Pré – requisitos da envoltória

4.5.1.1 Absortância, Transmitância e Capacidade Térmica

De acordo com a explicação e a Tabela (5) sobre as propriedades térmicas da envoltória da edificação, localizada em Zona Bioclimática 4, deve-se atender os seguintes requisitos para este tipo de localização para que seja passível de nível A ou B.

Tabela 15: Detalhe referente a Tabela 4. Fonte: RTQ – R, 2010.

ZB3 a ZB6	Parede	$\alpha \leq 0,6$	$U \leq 3,70$	$CT \geq 130$
		$\alpha > 0,6$	$U \leq 2,50$	$CT \geq 130$
	Cobertura	$\alpha \leq 0,6$	$U \leq 2,30$	Sem exigência
		$\alpha > 0,6$	$U \leq 1,50$	Sem exigência

Conforme a Tabela (15) somente as paredes externas são passíveis de bonificação A. A cobertura não atende aos requisitos exigidos para a transmitância térmica (U), portanto recebe bonificação C.

4.5.1.2 Ventilação Natural

a) Percentual de área mínima de abertura para ventilação:

A verificação deve ser realizada conforme com os requisitos da Tabela (6) da seção 3.2.1.1.2, onde afirma que para ser possível a obtenção de nível A o percentual de aberturas para ventilação (Aa) em relação a área de piso (Ap) deve ser maior ou igual a 8% nos ambientes de permanência prolongada. Os resultados da análise se encontram na Tabela (16).

Tabela 16: Pré – Requisitos da ventilação natural.

PRÉ – REQUISITOS VENTILAÇÃO NATURAL					
UH	AMBIENTE DE PERMANÊNCIA PROLONGADA	PERCENTUAL DA ABERTURA			
		Ap (m²)	Aa (m²)	A (%)	Atende?
TIPO 1	Quarto/sala	22,26	1,89	8,49	Sim
TIPO 2	Quarto	12,81	0,78	6,08	Não
	Sala	23,3	1,89	8,11	Sim
TIPO 3	Quarto 1	11,27	0,63	5,6	Não
	Quarto 2	10	0,78	8,00	Sim
	Sala	26,5	1,89	7,13	Não

Todos os banheiros possuem ventilação natural, logo é atendida a proporção exigida de 50% mais um para banheiros naturalmente ventilados, atingindo assim nível A.

b) Ventilação Cruzada:

A verificação da ventilação cruzada também faz parte da seção 3.2.1.1.2, onde diz que o somatório das áreas efetivas de abertura para ventilação localizada na fachada com maior área de abertura para ventilação (A1) deve atender uma proporção em relação as áreas das aberturas para ventilação natural nas demais fachadas (A2).

Somente terá possibilidade de obter ventilação cruzada as Unidades Habitacionais Tipo 3. A Tabela (17) mostra os resultados desta análise.

Tabela 17: Pré – requisitos ventilação cruzada natural.

PRÉ – REQUISITOS VENTILAÇÃO CRUZADA NATURAL				
UH	PERCENTUAL DA ABERTURA			
	A1 (m²)	A2 (m²)	$A2/A1 \geq 0,25$	ATENDE?
TIPO 3	2,67	0,63	0,236	Não

4.5.1.3 Iluminação Natural

Os pré – requisitos para iluminação natural são explicados com mais detalhe na seção 3.2.1.1.3. Para a obtenção da área efetiva de abertura de iluminação (Ai) deve-se desconsiderar os caixilhos.

O somatório das áreas de aberturas para iluminação natural deve atender a no mínimo 12,5% da área do piso.

Para os ambientes que possuem áreas de piso maiores que 15 m², considerar a área somente de 15 m². A Tabela (18) traz a análise dos pré-requisitos referente a iluminação natural.

Tabela 18: Pré – requisitos para iluminação natural.

PRÉ – REQUISITOS ILUMINAÇÃO NATURAL					
UH	AMBIENTE DE PERMANÊNCIA PROLONGADA	PERCENTUAL DA ABERTURA			
		Ap (m²)	Ai (m²)	A (%)	Atende?
TIPO 1	Quarto/sala	15	2,54	17	Sim
TIPO 2	Quarto	12,81	1,47	11,47	Não
	Sala	15	2,54	17	Sim
TIPO 3	Quarto 1	11,27	1,14	10,11	Não
	Quarto 2	10	1,47	14,7	Sim
	Sala	15	2,54	17	Sim

Como houve uma grande porcentagem de requisitos satisfeitos, é possível o empreendimento adquirir a etiqueta B.

4.5.2 Equivalente numérico da envoltória da unidade habitacional autônoma - EqNumEnv

O cálculo do Equivalente Numérico da Envoltória (EqNumEnv) visa prever como a envoltória de um edifício vai impactar o seu consumo de energia. Através do cálculo do EqNumEnv é possível identificar envoltórias mais eficientes (SOTOPIETRA, 2012).

O estudo da envoltória contou com o auxílio do RTQ-R para o seu desenvolvimento e para o cálculo foi utilizado A Planilha de cálculo do desempenho da envoltória (método prescritivo) disponíveis no site do LabEEE que já contempla todas as equações de todas as Zonas Bioclimáticas. Esta planilha foi especificamente elaborada para facilitar os cálculos de obtenção dos equivalentes numéricos de resfriamento, aquecimento e refrigeração para a envoltória da UHs, já integrando a avaliação dos pré-requisitos. Estes parâmetros são calculados automaticamente após o preenchimento da planilha.

O primeiro passo é identificar os ambientes de permanência prolongada (salas e quartos). Com isso é preenchido uma planilha para cada ambiente, com o intuito de calcular os indicadores de graus-hora para resfriamento (GHR) e consumos relativos para aquecimento (CA) e refrigeração (CR).

Os dados necessários do projeto do edifício são explicados logo abaixo da Tabela (19), referente ao modelo de planilha do ambiente da UH TIPO 1.

No APÊNDICE encontram-se as planilhas relativas a cada ambiente referente a todos os tipos de UHs presentes no edifício.

Tabela 19: Planilha avaliação da envoltória da UH TIPO 1 (SALA/QUARTO). Fonte: LabEEEE.

Zona Bioclimática	ZB	DETALHE IMPORTANTE: após os cálculos não modificar a zona bioclimática da célula E10	ZB4
Ambiente	Identificação	adimensional	UH TIPO 1 - SALA/QUARTO
	Área útil do APP	m ²	28,36
Cobertura	Ucob	W/m ² .K	0,00
	CTcob	kJ/m ² .K	1,00
	αcob	adimensional	0,00
Paredes Externas	Upar	W/m ² .K	2,43
	CTpar	kJ/m ² .K	152,00
	αpar	adimensional	0,20
Característica construtiva	CTbaixa	binário	0
	CTalta	binário	0
Situação do piso e cobertura	cob	adimensional	0
	solo	adimensional	0
	pil	adimensional	0
Áreas de Paredes Externas do Ambiente	NORTE	m ²	0,00
	SUL	m ²	0,00
	LESTE	m ²	11,21
	OESTE	m ²	0,00
Áreas de Aberturas Externas	NORTE	m ²	0,00
	SUL	m ²	0,00
	LESTE	m ²	3,78
	OESTE	m ²	0,00
Características das Aberturas	Fvent	adimensional	0,44
	Somb	adimensional	0,00
Características Gerais	Área das Paredes Internas	m ²	34,64
	Pé Direito	m	2,36
	C altura	adimensional	0,090
Características de Isolamento Térmico para ZB 1 e ZB2	isol	binário	
	vid	binário	
	Uvid	W/m ² .K	
Indicador de Graus-hora para Resfriamento	GHR	°C.h	A
			567
Consumo Relativo para Aquecimento	CA	kWh/m ² .ano	A
			3,641
Consumo Relativo para Refrigeração	CR	kWh/m ² .ano	B
			6,800

a) Ambiente:

Identificado a Zona Bioclimática de acordo com a norma NBR 15220-3, que é ZB4 para o Distrito Federal, a edificação deve ser avaliada de acordo com a área útil do ambiente (AUamb).

b) Cobertura:

Nesta parte da planilha são requisitadas as características térmicas da cobertura. A cobertura é considerada somente quando há contato com o meio externo, como no último andar do edifício. As UH avaliadas não têm cobertura exposta para o exterior. Por esta razão, os valores preenchidos na planilha para transmitância térmica (Ucob) e absorptância (αcob) serão 0 (zero) e para capacidade térmica (CTcob) será 1 (um).

c) Paredes externas:

Nesta parte da planilha são requisitadas características térmicas das paredes externas, preenchidas de acordo com os valores de transmitância térmica (Upar), capacidade térmica (CTpar) e absorptância (αpar) apresentados na Fig. 16.

d) Característica construtiva:

CTbaixa é considerada capacidade térmica baixa valores abaixo de 50 kJ/m²K.

CTalta é considerada capacidade térmica alta valores acima de 250 kJ/m²K.

Se o ambiente possuir fechamentos com capacidade térmica alta ou baixa o valor inserido na planilha será 1 (um), se for entre 50 e 250 kJ/m²K, o valor é 0 (zero).

Para o ambiente sala/quarto da UH TIPO 1, o valor preenchido é zero pois a média ponderada das capacidades térmicas das paredes externas e internas está entre 50 e 250 kJ/m²K.

e) Situação do piso e cobertura:

A cobertura do ambiente sala/quarto da UH TIPO 1 não está exposta para o exterior (está totalmente coberta pela sobreposição de outro apartamento), portanto o valor inserido para *cob* é zero.

As UHs TIPO 1 não estão em contato com o solo, portanto para *solo* marca-se 1 (um).

O valor de *pil* será zero, pois a UH não está sobre pilotis.

f) Áreas de paredes externas do ambiente:

Deve-se inserir a área das paredes externas de cada orientação (Norte, Sul, Leste, Oeste), excluindo a área das aberturas, de cada ambiente.

g) Áreas de aberturas externas:

Deve-se calcular a soma das áreas de todas as aberturas em contato com o exterior da UH por orientação para cada ambiente. A área de abertura para a sala...

h) Características das aberturas:

Fvent: é o fator de ventilação da abertura da área de permanência prolongada.

Pode-se consultar o Anexo II do RTQ-R a porcentagem de abertura para ventilação natural para cada tipo de abertura (o valor inserido será decimal) ou calcular.

Neste ambiente o tipo de abertura é uma porta – janela de correr 2 folhas, cuja área de abertura é a área do vão descontando as esquadrias.

O cálculo do **Fvent** para a abertura do ambiente é:

$$Fvent = (0,7 \times 2,08) / (1,58 \times 2,11) = 0,44$$

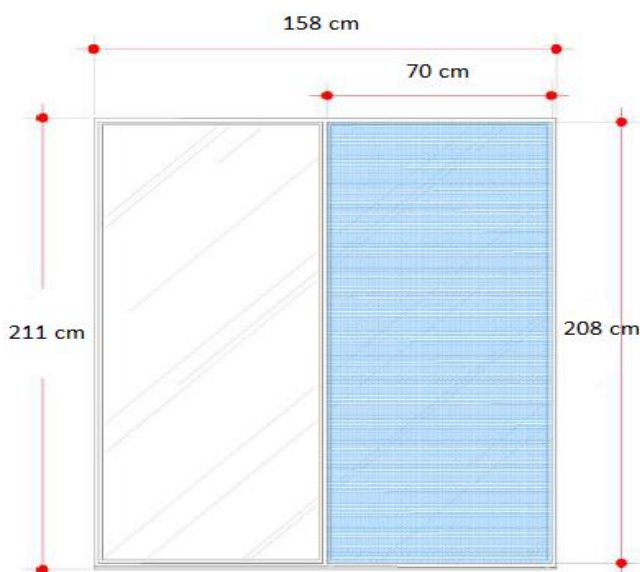


Figura 18: Área de abertura para ventilação

Somb: é o fator de sombreamento da abertura.

A UH TIPO 1, como todas as outras, não apresenta elementos de sombreamento, portanto o **somb** é igual a zero.

i) Características gerais:

Deve-se inserir a área das paredes internas (AparInt) para cada ambiente e inserir o pé-direito (PD = 2,36). O item *C altura* é automaticamente calculado.

A área da parede interna do ambiente é **34,64 m²** = [(10,66 + 4,75) x 2,36] – 1,78].

j) Características do isolamento térmico:

Este item somente deve ser preenchido para as Zonas Bioclimáticas mais frias (ZB1 e ZB2).

k) Equivalente numérico da envoltória:

No final da planilha, depois de preenchidas todas as células, constará o Indicador de Graus – hora para Resfriamento, o Consumo Relativo para Aquecimento e o Consumo Relativo para Refrigeração.

Tabela 20: Níveis de eficiência da envoltória sem pré – requisitos para cada ambiente.

Indicador de Graus-hora para Resfriamento	GHR	°C.h	A
			567
Consumo Relativo para Aquecimento	CA	kWh/m².ano	A
			3,641
Consumo Relativo para Refrigeração	CR	kWh/m².ano	B
			6,800

4.5.2.1 Determinação do equivalente numérico da envoltória por UH

Feito o cálculo separadamente dos valores do indicador graus-hora para resfriamento, consumo relativo para aquecimento e consumo relativo para refrigeração de cada ambiente de permanência prolongada das UHs, deve-se fazer a ponderação dos equivalentes numéricos do ambiente de resfriamento ($EqNumAmbresf$), aquecimento ($EqNumAmbA$) e refrigeração ($EqNumAmbrefrig$) obtidos pela Área útil do ambiente (AU_{amb}).

Para as UHs condicionada artificialmente, não há necessidade de ponderar o seu valor de eficiência da envoltória, pois somente é de caráter informativo e vale apenas para os quartos. Já os outros dois valores de equivalentes numéricos que representam a UH naturalmente ventilada devem ser aplicadas na equação (10), que é especificamente para a ZB4.

$$EqNumEnv = 0,68 \times EqNumAmbresfr + 0,32 \times EqNumAmbA \quad (10)$$

Os resultados obtidos dessa análise para todas as UHs estão disponíveis no Apêndice B.

Com base nesses resultados, a classificação obtida para as UHs com ventilação natural é apresentada na Tabela (21), e para as UHs com ventilação artificial na Tabela (22).

Tabela 21: Envoltória das UHs – Naturalmente Ventiladas.

UNIDADE	CLASSIFICAÇÃO
TIPO 1 (105 A 905, 106 A 906)	A
TIPO 2 (104 A 904, 107 A 907)	A
TIPO 2 (101 A 901, 110 A 910)	A
TIPO 3 (103 A 903)	A
TIPO 3 (102 A 902)	A
TIPO 3 (109 A 909)	B
TIPO3 (108 A 908)	A

Tabela 22: Envoltória das UHs – Condiionadas Artificialmente.

UNIDADE	CLASSIFICAÇÃO
TIPO 1 (105 A 905, 106 A 906)	B
TIPO 2 (104 A 904, 107 A 907)	B
TIPO 2 (101 A 901, 110 A 910)	B
TIPO 3 (103 A 903)	B
TIPO 3 (102 A 902)	B
TIPO 3 (109 A 909)	B
TIPO3 (108 A 908)	B

4.5.3 Avaliação do Aquecimento de água

O sistema de aquecimento de água instalado na UH deve ser avaliado para se obter o equivalente numérico aquecimento de água ($EqNumAA$).

Apresentando como base a grande maioria dos apartamentos, temos que o sistema de aquecimento de água predominante é composto por chuveiro elétrico, cuja a potência varia de 5000 a 7000 W.

De acordo com o RTQ-R, para chuveiros elétricos com potência superior a 4600 W, a classificação é **E** com um equivalente numérico $EqNumAA = 1$.

4.5.4 Bonificações

4.5.4.1 Ventilação Natural

Para ser válida a Bonificação de Ventilação Natural, os pavimentos 1 e 2 devem atender à exigência de porosidade mínima de 20% em pelo menos duas fachadas com orientações distintas. Como pode ser visualizado na Tabela (23), a exigência não é atendida, pois os pavimentos 1 e 2 não atendem a esse pré – requisito. Portanto não recebe bonificação.

No edifício estudado não há dispositivos especiais que favoreçam o desempenho da ventilação natural, portanto não recebe bonificação.

Tabela 23: Bonificação de ventilação natural.

BONIFICAÇÃO VENTILAÇÃO NATURAL						
Pavimento	UH	Área da Fachada	Área abertura ventilação (m²)	Porosidade (%)	Exigência RTQ-R	Bonificação?
1 e 2	TIPO 1	11,21	1,89	16,86	20%	Não
	TIPO 2	15,81	2,67	16,88	20%	Não
	TIPO 3	32,5	3,3	10,15	20%	Não
3	TIPO 1	11,21	1,89	16,86	16%	Sim
	TIPO 2	15,81	2,67	16,88	16%	Sim
	TIPO 3	32,5	3,3	10,15	16%	Não
4 e 5	TIPO 1	11,21	1,89	16,86	14%	Sim
	TIPO 2	15,81	2,67	16,88	14%	Sim
	TIPO 3	32,5	3,3	10,15	14%	Não
6 à 8	TIPO 1	11,21	1,89	16,86	12%	Sim
	TIPO 2	15,81	2,67	16,88	12%	Sim
	TIPO 3	32,5	3,3	10,15	12%	Não
9	TIPO 1	11,21	1,89	16,86	10%	Sim
	TIPO 2	15,81	2,67	16,88	10%	Sim
	TIPO 3	32,5	3,3	10,15	10%	Sim

4.5.4.2 Iluminação Natural

A - Profundidade de ambientes com iluminação natural proveniente de aberturas laterais:

Para o cálculo da bonificação da iluminação natural deve-se seguir a explicação da seção 3.2.1.3.2. A Tabela (24) traz a análise da iluminação natural

Tabela 24: Bonificação de Iluminação Natural.

BONIFICAÇÃO ILUMINAÇÃO NATURAL					
UH	Ambiente	Profundidade (P)	Altura máxima (ha)	2,4 x ha	P ≤ 2,4ha
TIPO 1	Sala/quarto/cozinha	5,33	2,02	4,84	Não
TIPO 2	Sala/cozinha	5,33	2,02	4,84	Não
	Quarto	3,48	2,1	5,04	Sim
TIPO 3	Sala/cozinha	6,27	2,02	4,84	Não
	Quarto 1	2,89	2,1	5,04	Sim
	Quarto 2	2,3	2,1	5,04	Sim

De acordo com a Tabela (24), o requisito de 50% mais um não é atendido. Portanto as UHs não recebem uma pontuação extra de 0,2 pontos.

B - Refletância do teto:

Todas as paredes (excluindo as áreas úmidas, que são de azulejos), possuem paredes na cor Branco Neve e na cor Branco Gelo (Teto), portanto essa bonificação é atendida, adicionando então **0,1 ponto**.

4.5.4.3 Uso racional de água (B3)

A bonificação de uso racional de água é obtida pela equação (6) seção 3.2.1.3.3. Na Tabela (25) é mostrada a quantidade de cada parâmetro da equação (6).

Tabela 25: Bonificação do uso racional de água.

BONIFICAÇÃO USO RACIONAL DE ÁGUA									
UH	BSAP	BS	BSE	CHE	CH	TE	T	OUTROSap	OUTROS
TIPO 1	0	1	0	1	1	2	2	0	0
TIPO 2	0	1	0	1	1	2	2	0	0
TIPO 3	0	1	0	1	1	3	3	0	0

Inserindo a quantidade de cada parâmetro na equação (6), temos:

- a) UH TIPO 1: **B3 = 0,06**
- b) UH TIPO 2: **B3 = 0,06**
- c) UH TIPO 3: **B3 = 0,06**

4.5.4.4 Condicionamento de ar

Como a envoltória da UH não atingiu Nível A de eficiência quando condicionada artificialmente, não obterá pontuação extra para Condicionamento de Ar.

4.5.4.5 Iluminação Artificial

Todos os ambientes das UHs possuem lâmpadas fluorescentes compactas, Marca “Golden” de 15 W, 56 lm/W e com Selo Procel.

Apesar de não possuírem eficiência superiores a 75 lm/W, possuem selo Procel, o que fazem possuir bonificação de iluminação artificial de **0,1 ponto**.

4.5.4.6 Ventiladores de Teto

A grande maioria das UH não possuem ventiladores de teto, portanto não recebem esta bonificação.

4.5.4.7 Refrigeradores

Os refrigeradores são utensílios de escolha particular do cliente. Caso tenham Selo Procel Nível A, deve-se adicionar **0,1 ponto**.

4.5.4.8 Medição individualizada

O sistema de medição de água das UHs é individualizado. O cumprimento do requisito fornece **0,1 ponto**.

Portanto a bonificação final máxima que a UH obtém pode ser observada na Tabela (26) abaixo.

Tabela 26: Bonificação Final.

BONIFICAÇÕES		PONTUAÇÃO
B1	Ventilação Natural	0,0
B2	Iluminação Natural	0,00
B3	Uso Racional de Água	0,1
B4	Condicionamento de Ar	0,06
B5	Iluminação Artificial	0,1
B6	Ventiladores de Teto	0,00
B7	Refrigeradores	0,1
B8	Medição Individualizada	0,1
TOTAL		0,46

4.5.5 Cálculo da Pontuação Total (PT_{UH})

As UHs recebem uma pontuação total (PT_{UH}), conforme a equação (1) da seção 3.2.1 e a Tabela (3) de Pontuação Total.

A Tabela (27) mostra os detalhes para a pontuação total da UH.

$$PT_{UH} = (a \times EqNumEnv) + [(1 - a) \times EqNumAA] + Bonificações$$

Tabela 27: Pontuação Total da UH.

PONTUAÇÃO TOTAL DA UH					
UH	EqNumEnv	EqNumAA	Bonificação	Pontuação	Classificação Final
TIPO 1 (105 a 905) (106 a 906)	5	1	0,46	4,06	B
TIPO 2 (104 a 904) (107 a 907)	5	1	0,46	4,06	B
TIPO 2 (101 a 901) (110 a 910)	5	1	0,46	4,06	B
TIPO 3 (103 a 903)	5	1	0,46	4,06	B
TIPO 3 (102 a 902)	4,52	1	0,46	3,75	B
TIPO 3 (109 a 909)	4,32	1	0,46	3,61	B
TIPO 3 (108 a 908)	4,65	1	0,46	3,83	B

4.6 EDIFICAÇÕES MULTIFAMILIARES

A classificação da edificação será a ponderação de suas UHs pela área útil, excluindo terraços e varandas.

A Tabela (28) mostra os detalhes da pontuação total da edificação multifamiliar.

Tabela 28: Pontuação da Edificação Multifamiliar.

NÚMERO DE UH	PONTUAÇÃO (PT_{uh})	ÁREA ÚTIL (m²)	ENCE	
18	4,06	26,36	3,87	B
36	4,06	43,37		
9	4,06	49,28		
9	3,75	49,28		
9	3,61	49,28		
9	3,83	49,28		

4.7 ÁREAS DE USO COMUM

4.7.1 Área Comum de Uso Frequente

4.7.1.1 Iluminação Artificial

A iluminação artificial é classificada de acordo com a tabela 8 da seção 3.2.3.1.1. Neste edifício a iluminação artificial das áreas comuns de uso frequente é representada pela

iluminação do hall de entrada, das escadas, da circulação dos pavimentos e da garagem (2 subsolos), cujas características são apresentadas na Tabela (29).

Tabela 29: Características das lâmpadas das áreas comuns de uso frequente.

Ambiente	Quantidade	Tipo de lâmpada	Potência (W)	Fluxo luminoso (lm/W)	Potência Total (W)	EqNum	Eficiência
Hall de entrada	36	Fluorescentes compactas	15	56,6	540	5	Selo Procel
Escadas	2/pavimento 2 – Hall	Fluorescentes compactas	15	56,6	300	5	Selo Procel
Garagens	12/subsolo	Fluorescentes tubulares	40	75	960	4	Nível B
Circulação dos pavimentos	6/pavimento	Fluorescentes compactas	15	56,6	810	5	Selo Procel
Banheiros	4 – Hall de entrada	Fluorescentes Compactas	15	56,6	60	5	Selo Procel

Portanto, a eficiência do sistema de iluminação artificial será:

$$\text{Eficiência do sistema de iluminação} = [(5 \times 540) + (5 \times 300) + (4 \times 960) + (5 \times 810) + (5 \times 60)] / 2670$$

$$\text{Eficiência do sistema de iluminação} = 4,63 = \text{Nível A}$$

4.7.1.2 Bombas centrífugas

As bombas centrífugas são classificadas de acordo com a sua classificação no PBE/Inmetro.

No edifício há um conjunto de moto bomba, modelo KSB ETA 32 – 16, de Altura manométrica igual a 34,3 m, Vazão de 8,44 m³/h e Potência de 3CV – Trifásico.

Segundo a classificação do PBE/Inmetro, a moto bomba possui **ENCE A**.

4.7.1.3 Elevadores

De acordo com a Tabela (11) da seção 3.2.3.1.3, o elevador se encontra na Categoria 4, pois é uma edificação com mais de 50 UHs.

Para elevadores mais novos o padrão de demanda de espera varia até 50 W. Portanto, segundo a Tabela 11 da seção 3.2.3.1.3 e se encontrando na Categoria 4, o elevador terá **Nível A**.

4.7.1.4 Pontuação das áreas comuns de uso frequente

A áreas comuns de uso frequente possuirão a seguinte classificação:

$$\frac{\left(\frac{EqNumIllum_F \times PIllum_F + EqNumB_F \times PB_F}{PIllum_F + PB_F} \right) + EqNumElev}{2}$$

$$EqNumF = \{[(4,63 \times 2610 + 5 \times 2200)/(2610 + 2200)] + 5\}/2$$

$$EqNumF = 4,89 = \text{Nível A}$$

4.7.2 Área Comum de Uso Eventual

4.7.2.1 Iluminação Artificial

A iluminação artificial é classificada de acordo com a Tabela (10) da seção 3.2.3.1.1. Neste edifício, a iluminação das áreas comuns de uso eventual é representada pela iluminação do espaço gourmet, banheiros, hall de elevadores, sala de repouso, sauna, área de lazer e piscina, conforme o esquema da Figura (13) e a Tabela (30).

Tabela 30: Características das lâmpadas das áreas comuns de uso eventual.

Ambiente	Quantidade	Tipo de lâmpada	Potência (W)	Fluxo luminoso (lm/W)	Potência Total (W)	EqNum	Eficiência
Hall de elevadores	6	Fluorescentes compactas	15	56,6	90	5	Selo Procel
Espaço Gourmet	14	Fluorescentes compactas	15	56,6	210	5	Selo Procel
Piscina	3	Incandescentes	60	11,83	180	1	Nível E
Espaço de Lazer	2	Fluorescentes compactas	15	56,6	30	5	Selo Procel
	4	Incandescentes	60	11,83	240	1	Nível E
Sauna	1	Incandescentes	60	11,83	60	1	Nível E
Sala de Repouso	2	Fluorescentes compactas	15	56,6	30	5	Selo Procel
Banheiros	4	Fluorescentes compactas	15	56,6	60	5	Selo Procel

Portanto, a eficiência do sistema de iluminação artificial será:

$$\text{Eficiência do sistema de iluminação} =$$

$$[(5 \times 90) + (5 \times 210) + (1 \times 180) + (5 \times 30) + (1 \times 240) + (1 \times 60) + (5 \times 30) + (5 \times 60)] / 900$$

$$\text{Eficiência do sistema de iluminação} = 2,86 = \text{Nível C}$$

4.7.2.2 Equipamentos

Os equipamentos são classificados de acordo com a sua classificação do PBE/Inmetro. No edifício presente há uma geladeira que possui ENCE A e potência de 85 W, e um fogão que possui selo Conpet. O fogão não entra no cálculo da potência instalada dos equipamentos, mas é necessário que tenha Selo Conpet para que o sistema “Equipamentos” obtenha níveis A e B de eficiência.

$$EqNumEq = 5 - \text{Nível A}$$

$$PEq = 85 \text{ W}$$

4.7.2.3 Sistemas de Aquecimento de Água

Não há sistema de aquecimento para a piscina. O que há é uma lona térmica que cobre a piscina da área comum de uso eventual. Portanto o sistema de aquecimento de água não recebe uma classificação.

4.7.2.4 Sauna

O aquecimento da sauna é realizado pelo equipamento elétrico IMPERCAP, modelo TOP TURBO. Por ser uma sauna com aquecimento elétrico, receberá **Nível E** de eficiência.

4.7.2.5 Pontuação das áreas comuns de uso eventual

A área comum de uso eventual possui a seguinte classificação:

$$\left(\frac{EqNumIllum_E \times PIllum_E + EqNumEq_E \times PEq_E + EqNumAA_E \times PAA_E + EqNumS \times PS}{PIllum_E + PEq_E + PAA_E + PS} \right)$$

$$(2,86 \times 900) + (5 \times 85) + (1 \times 12000) / 12985 = 1,15 - \text{Nível E}$$

4.7.3 Bonificações

4.7.3.1 Uso Racional de Água (B1)

As áreas de uso comum não cumprem com os requisitos do RTQ – R para a obtenção desta bonificação, portanto não recebem 0,6 pontos.

4.7.3.2 Iluminação natural em áreas de uso frequente (B2)

- Iluminação Natural (0,1 pontos)

Para a obtenção desta bonificação, o RTQ-R determina que: *“Garagens internas mais 75% dos ambientes internos das áreas comuns de uso frequente devem apresentar dispositivos de iluminação natural. A área de iluminação da janela deve ter 1/10 da área do piso”*.

Para o Hall de entrada no térreo deve-se considerar as portas como abertura:

$$\text{Área das portas}/\text{Área do piso} = 4,2/129,25 = 0,032$$

$0,032 < 0,1$ **Não atende!**

Para os Halls dos pavimentos tem-se que:

$$\text{Área janela}/\text{Área piso} = 0,72/21,23 = 0,034$$

$0,034 < 0,1$ **Não Atende!**

Para as escadas tem-se que:

$$\text{Área janela}/\text{Área piso} = 1,2/16,71 = 0,07$$

$0,07 < 0,1$ **Não Atende!**

As áreas de uso comum não recebem esta bonificação.

- Refletância do Teto:

Para obtenção desta bonificação, o RTQ – R determina que: *“Pelo menos 75% dos ambientes deve possuir refletância do teto acima de 60%”*.

Dado que todos os tetos das áreas comuns de uso frequente são da cor branca, o que corresponde a uma refletância de 80%), cumpre – se o requisito para esta bonificação, recebendo então **0,1 ponto** de bonificação.

4.7.3.3 Ventilação natural em áreas de uso frequente (B3)

Para obtenção desta bonificação, o RTQ-R determina que: *“Garagens mais 75% dos ambientes internos das áreas comuns de uso frequente devem possuir aberturas voltadas para o exterior com área de ventilação de 1/12 da área do piso do ambiente”*.

Para o Hall de entrada no térreo deve-se considerar as portas como abertura:

$$\text{Área das portas}/\text{Área do piso} = 4,2/129,25 = 0,032$$

$0,032 < 0,083$ **Não atende!**

Para os Halls dos pavimentos tem-se que:

$$\text{Área janela/Área piso} = 0,72/21,23 = 0,034$$

$0,034 < 0,083$ **Não Atende!**

Para as escadas tem-se que:

$$\text{Área janela/Área piso} = 1,2/16,71 = 0,07$$

$0,07 < 0,083$ **Não Atende!**

As áreas de uso comum não recebem esta bonificação.

Portanto, o total das bonificações será:

$$\text{Bonificação} = B1 + B2 + B3 = 0,0 + 0,1 + 0,0 = 0,1$$

4.7.4 Classificação das áreas de uso comum

A classificação da eficiência energética das áreas de uso comum é obtida por meio das equações (4) da seção 3.2.3. Para o edifício em questão a pontuação total obtida é obtida por:

$$PT_{AC} = 0,7 \times \frac{\left(\frac{4,63 \times 2670 + 5 \times 2200}{4870} \right) + 5}{2} + 0,3$$

$$\times \left(\frac{2,86 \times 900 + 5 \times 85 + 1 \times 12000}{12985} \right) + 0,1$$

$$PT_{AC} = 3,86$$

Nível B

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A partir do estudo de caso realizado no Edifício Residencial Central Valle Residence, localizado no Gama – DF, foi possível exemplificar a metodologia já apresentada do RTQ – R. Para a realização do estudo de caso foram utilizadas as plantas baixas e de situação, cortes, fachadas, o projeto hidráulico, documentos, registros e dados técnicos dos equipamentos existentes no edifício a ser avaliado.

A avaliação da envoltória do edifício obteve uma boa classificação, a grande maioria dos apartamentos se classificou com nível A, deixando apenas alguns dos apartamentos TIPO 3 com Nível B. Essa boa classificação se deve principalmente à cor das paredes, que são brancas, proporcionando assim uma boa iluminação, e ao fato de a maioria das fachadas possuírem aberturas consideráveis para a ventilação.

O fato de somente alguns apartamentos do TIPO 3 obterem Nível B se deve ao detalhe da orientação do sol, como é possível perceber nas planilhas de eficiência energética localizadas nos APÊNDICES.

Como foi apresentado, a edificação multifamiliar obteve classificação Nível B. Não foi possível obter nível A devido a uma pontuação baixa de bonificações, principalmente relacionados à ventilação e iluminação naturais; e também devido à baixa classificação para o sistema de aquecimento de água, que no caso obteve Nível E. Esse tipo de sistema, quando restrito a chuveiros elétricos, apresenta baixo nível de eficiência energética. Para se obter um nível maior seria interessante a edificação instalar sistemas de aquecimento solar, que combinados com um sistema elétrico, podem obter Nível A de eficiência energética.

As áreas comuns de uso frequente obtiveram uma classificação Nível A. Já as áreas comuns de uso eventual obtiveram Nível E, devido a classificação Nível C do conjunto de iluminação artificial e a classificação Nível E do tipo de equipamento utilizado para o aquecimento da sauna. O que poderia aumentar o nível de eficiência das áreas de uso eventual seria a substituição do equipamento elétrico da sauna por um equipamento a gás GLP, que no caso possui Nível A de eficiência. Logo, considerando todos esses aspectos, a classificação final para a Área de uso comum foi Nível B.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Para fins de aplicar e avaliar o RTQ-R a uma edificação, esse estudo considerou a realização de um Estudo de Caso, no qual a sistemática proposta pelo método prescritivo do RTQ-R foi aplicada ao Edifício *Central Valle Residence*, que é uma edificação comercial - residencial e está localizada na cidade do Gama – DF, tendo sido analisada apenas a parte residencial do edifício com o auxílio da “Planilha de cálculo do desempenho da UH – Método Prescritivo” desenvolvida pelo Centro Brasileiro de Eficiência Energética de Edificações – CB3E.

A avaliação da eficiência energética resultou em nível A para a maioria das envoltórias das UHs e Nível B para a classificação final da edificação multifamiliar. Para as áreas de uso comum, a avaliação do desempenho energético resultou em nível B.

Com a elaboração deste trabalho foi possível obter uma aproximação expressiva com a metodologia aplicada pelos regulamentos que tem como objetivo avaliar a qualidade do nível de eficiência energética de edificações residenciais. Este contato permitiu questionamentos e uma busca por soluções dos problemas encontrados durante a análise do estudo de caso.

Um requisito que não foi levado em consideração, mas que pode servir para análises futuras do RTQ – R é o fato de existir na edificação analisada sensores de presença instalados nos acessos dos pavimentos das UH, fazendo com que haja o desligamento automático das luminárias quando não há circulação de pessoas. Isso faria com que o consumo de energia referente à iluminação fosse reduzido, mas a existência de sensores e de automação predial não é considerado na avaliação de desempenho dessas instalações.

A etiquetagem em edificações residenciais feita de acordo com o RTQ – R também não contempla aspectos ambientais, tais como os benefícios da reciclagem e do reaproveitamento de materiais como aspectos relevantes propulsores da eficiência energética e que poderiam ser integrados à metodologia, tornando-a eficiente também com relação aos requisitos da gestão ambiental, além de impactar significativamente nos custos da obra para toda a sociedade.

Como a metodologia descrita pelo RTQ – R, apesar de já publicada e aplicada, está em constante desenvolvimento e aprimoramento, propõe-se integrar ao Regulamento a avaliação das edificações residenciais de acordo com normas ambientais disponíveis para esse fim, como por exemplo a NBR ISO 14040, que se trata do ciclo de vida das edificações.

Em relação a um edifício, o ciclo de vida é analisado de acordo com a produção de material de construção, operação, manutenção, desmontagem e gestão de resíduos. Ao considerar estas etapas, a análise de acordo com o RTQ-R poderia ser feita com o intuito de minimizar o ciclo de vida de entrada e saídas do edifício, melhorando assim o seu desempenho ambiental.

Como sugestão para trabalhos futuros, seria interessante a realização do processo de etiquetagem através do método de simulação, uma vez que o método utilizado foi o prescritivo. É importante também esclarecer os diversos segmentos da sociedade acerca da Etiquetagem de Edificações, capacitar profissionais e difundir a metodologia do RTQ – R, para que estes requisitos sejam cada vez mais absorvidos pelos projetistas e pelas empresas e construtoras responsáveis pelos novos projetos.

Apesar da avaliação proposta pelo Procel Edifica não ser ainda de caráter obrigatório, existe a perspectiva de que isso mude nos próximos anos, pois os estudos e projetos realizados até então evidenciaram que a avaliação do nível de eficiência exigida por esse Regulamento indica uma efetiva redução do consumo de energia.

É importante observar que a aplicação do RTQ-R a uma obra é apenas o passo inicial para a concessão da ENCE: os projetistas da edificação residencial deverão considerar os critérios descritos no RTQ – R e os inspetores credenciados deverão avaliá-los de acordo com os critérios do RAC-R, “Requisitos de Avaliação da Conformidade em Edificações Residenciais”.

O RAC-R estabelece que a avaliação de uma edificação residencial em duas etapas distintas: a fase de Projeto, quando é concedida uma ENCE pré-obra, e a fase da Inspeção, feita com a edificação já construída, podendo esta ser distinta da ENCE obtida na avaliação inicial de projeto.

No caso da edificação multifamiliar, a ENCE deve ser colocada em local visível da edificação ou de seus blocos. Se a edificação for composta por um complexo de edifícios multifamiliares ou ainda, no caso da área de Uso Comum, a ENCE deve ser colocada no Bloco mais próximo ao logradouro principal.

Como sugestão para o curso de Engenharia de Energia da Universidade de Brasília – Campus do Gama, poderia ser criado um espaço que ofereça consultoria e assistência técnica na linha de eficiência energética em edificações residenciais e comerciais voltado a atender a comunidade do Gama. E ao mesmo tempo ofertar uma disciplina voltada para a eficiência

energética em edificações, seja ela residenciais ou comerciais nas quais essas metodologias pudessem ser testadas e validadas. Ainda como sugestão de trabalhos futuros, seria interessante ampliar a investigação no âmbito da Etiquetagem de Edificações Residenciais tanto utilizando o método de simulação do RTQ-R, quanto pelo desenvolvimento de análises e certificações feitas de acordo com o RAC-R.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADENE – AGÊNCIA PARA A ENERGIA. “Planos e Programas”, 2013. Disponível em: <www.adene.pt/planos-e-programas> Acesso em: 01 de abril de 2014.
- CENTRO BRASILEIRO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES. “Etiquetas – Edificações Residenciais”. Disponível em: <[Http://Cb3e.Ufsc.Br/Etiquetagem/Residencial/Ence](http://Cb3e.Ufsc.Br/Etiquetagem/Residencial/Ence)>. Acesso Em: 01 de Maio de 2014.
- CONPET. Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural, 2011. Disponível em < <http://www.conpet.gov.br>>. Acesso em 30 de março de 2014.
- DE SOUZA, Andréa; Guerra, João Carlos Correa; Kruger, Eduardo Leite. “Os Programas Brasileiros em Eficiência Energética como Agentes de Reposicionamento do setor elétrico”. Revista Tecnologia e Sociedade. 1ª Edição, 2011.
- ELETOBRÁS. “Programa Nacional De Energia Elétrica – Procel”. Disponível Em: <[Http://Www.Eletobras.Com/Elb/Procel/Main.Asp](http://Www.Eletobras.Com/Elb/Procel/Main.Asp)>. Acesso Em 15 de Abril de 2014.
- ELETOBRAS/UFSC. “Determinação Da Eficiência Energética De Um Edifício Exemplo Utilizando O RTQ – R”. 2013. Universidade Federal De Santa Catarina. Centro Tecnológico – Departamento De Engenharia Civil.
- FERREIRA, Marcos Vinicius De Oliveira. “Eficiência Energética Aplicada A Instalações Residenciais”. 2011. Dissertação (Graduação Em Engenharia Industrial Elétrica) – Instituto Federal De Educação, Ciência E Tecnologia Da Bahia.
- GONÇALVES, Jéssica Santoro. “Eficiência Energética: Etiquetagem De Edificações”. 2013. Dissertação (Graduação Em Engenharia De Energia) – Faculdade Do Gama, Universidade De Brasília.
- INMETRO – Instituto Nacional De Metrologia, Normalização E Qualidade Industrial. “Manual para Aplicação do RTQ - R”, 2013.
- INMETRO – Instituto Nacional De Metrologia, Normalização E Qualidade Industrial. Portaria 449 De 25 De Novembro De 2010. “Regulamento Técnico Da Qualidade Para O Nível De Eficiência Energética De Edificações Residenciais”, 2010.
- LABEEE. “Catálogo de Propriedades Térmicas de Parede e Coberturas”. Material apresentado pelo Laboratório de Eficiência Energética em edificações. Florianópolis: Departamento de Engenharia Civil. UFSC, 2011.
- LOPES, Rodrigo Mendes de Freitas. “Otimização do Desempenho Energético de um Edifício Residencial em Portugal”. 2010. Dissertação (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina.
- MARTINS, André Ramon Silva, et al. Eficiência Energética: Integrando usos e reduzindo desperdícios. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL; Agência Nacional do Petróleo – ANP, 1999.
- PLANO NACIONAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA. “Premissas E Diretrizes Básicas”. Ministério De Minas e Energia, 2011.
- PROCEL INFO – Centro Brasileiro de Informações de Eficiência Energética. Disponível em: <www.inmetro.gov.br/consumidor/etiquetas> Acesso em: 18 de Maio de 2014.
- SANTOS, Iara Gonçalves. “Gestão Para Estimular A Eficiência Energética: O Caso Do Regulamento Brasileiro De Edificações”. 2013. Disponível Em: <[Http://Www.Excelenciaemgestao.Org/Portals/2/Documents/Cneg9/Anais/T13_0607_3768.Pdf](http://Www.Excelenciaemgestao.Org/Portals/2/Documents/Cneg9/Anais/T13_0607_3768.Pdf)>. Acesso Em 20 de abril de 2014.
- SOTOPIETRA, Bruna. “Eficiência Energética de Edificações – Aplicação da Etiquetagem Procel Edifica em uma Edificação Residencial de Joinville”. 2012. Dissertação (Graduação em Engenharia Civil) – Centro de Ciências Tecnológicas, Universidade do Estado de Santa Catarina.

APÊNDICES

APÊNDICE A: PLANILHAS PARA O CÁLCULO DO GR, CR E CA POR AMBIENTE DA UNIDADE HABITACIONAL AUTÔNOMA

- Apartamento TIPO 1:

Tabela 31: Apartamento TIPO 1 – Todas as UH desse tipo. Fonte: LABEE. Adaptada pelo autor (2014).

Zona Bioclimática	ZB	DETALHE IMPORTANTE: após os cálculos não modificar a zona bioclimática da célula E10	ZB4
Ambiente	Identificação	adimensional	UH TIPO 1 - SALA/QUARTO
	Área útil do APP	m ²	26,36
Cobertura	Ucob	W/m ² .K	0,00
	CTcob	kJ/m ² .K	1,00
	αcob	adimensional	0,00
Paredes Externas	Upar	W/m ² .K	2,43
	CTpar	kJ/m ² .K	152,00
	αpar	adimensional	0,20
Característica construtiva	CTbaixa	binário	0
	CTalta	binário	0
Situação do piso e cobertura	cob	adimensional	0
	solo	adimensional	0
	pil	adimensional	0
Áreas de Paredes Externas do Ambiente	NORTE	m ²	0,00
	SUL	m ²	0,00
	LESTE	m ²	11,21
	OESTE	m ²	0,00
Áreas de Aberturas Externas	NORTE	m ²	0,00
	SUL	m ²	0,00
	LESTE	m ²	3,78
	OESTE	m ²	0,00
Características das Aberturas	Fvent	adimensional	0,44
	Somb	adimensional	0,00
Características Gerais	Área das Paredes Internas	m ²	34,64
	Pé Direito	m	2,36
	C altura	adimensional	0,090
Características de Isolamento Térmico para ZB 1 e ZB2	isol	binário	
	vid	binário	
	Uvid	W/m ² .K	
Indicador de Graus-hora para Resfriamento	GHR	°C.h	A
			567
Consumo Relativo para Aquecimento	CA	kWh/m ² .ano	A
			3,641
Consumo Relativo para Refrigeração	CR	kWh/m ² .ano	B
			6,800

- Apartamento TIPO 2:

Tabela 32: Apartamento TIPO 2 (104 a 904 e 107 a 907) – Sala. Fonte: LABEE. Adaptada pelo autor (2014).

Zona Bioclimática	ZB	DETALHE IMPORTANTE: após os cálculos não modificar a zona bioclimática da célula E10	ZB4
Ambiente	Identificação	adimensional	UH TIPO 2 (104 a 904 e 107 a 907)- SALA
	Área útil do APP	m ²	23,30
Cobertura	Ucob	W/m ² .K	0,00
	CTcob	kJ/m ² .K	1,00
	αcob	adimensional	0,00
Paredes Externas	Upar	W/m ² .K	2,43
	CTpar	kJ/m ² .K	152,00
	αpar	adimensional	0,20
Característica construtiva	CTbaixa	binário	0
	CTalta	binário	0
Situação do piso e cobertura	cob	adimensional	0
	solo	adimensional	0
	pil	adimensional	0
Áreas de Paredes Externas do Ambiente	NORTE	m ²	0,00
	SUL	m ²	0,00
	LESTE	m ²	3,93
	OESTE	m ²	0,00
Áreas de Aberturas Externas	NORTE	m ²	0,00
	SUL	m ²	0,00
	LESTE	m ²	3,15
	OESTE	m ²	0,00
Características das Aberturas	Fvent	adimensional	0,44
	Somb	adimensional	0,00
Características Gerais	Área das Paredes Internas	m ²	40,87
	Pé Direito	m	2,36
	C altura	adimensional	0,101
Características de Isolamento Térmico para ZB 1 e ZB2	isol	binário	0
	vid	binário	
	Uvid	W/m ² .K	
Indicador de Graus-hora para Resfriamento	GHR	°C.h	A
			681
Consumo Relativo para Aquecimento	CA	kWh/m ² .ano	A
			3,369
Consumo Relativo para Refrigeração	CR	kWh/m ² .ano	B
			6,875

Tabela 33: Apartamento TIPO 2 (104 a 904 e 107 a 907) – Quarto. Fonte: LABEE. Adaptada pelo autor (2014).

Zona Bioclimática	ZB	DETALHE IMPORTANTE: após os cálculos não modificar a zona bioclimática da célula E10	ZB4
Ambiente	Identificação	adimensional	UH TIPO 2 (104 a 904 e 107 a 907) - QUARTO
	Área útil do APP	m ²	12,81
Cobertura	Ucob	W/m ² .K	0,00
	CTcob	kJ/m ² .K	1,00
	αcob	adimensional	0,00
Paredes Externas	Upar	W/m ² .K	2,43
	CTpar	kJ/m ² .K	152,00
	αpar	adimensional	0,20
Característica construtiva	CTbaixa	binário	0
	CTalta	binário	0
Situação do piso e cobertura	cob	adimensional	0
	solo	adimensional	0
	pil	adimensional	0
Áreas de Paredes Externas do Ambiente	NORTE	m ²	0,00
	SUL	m ²	0,00
	LESTE	m ²	10,60
	OESTE	m ²	0,00
Áreas de Aberturas Externas	NORTE	m ²	0,00
	SUL	m ²	0,00
	LESTE	m ²	0,70
	OESTE	m ²	0,00
Características das Aberturas	Fvent	adimensional	0,45
	Somb	adimensional	0,00
Características Gerais	Área das Paredes Internas	m ²	22,18
	Pé Direito	m	2,36
	C altura	adimensional	0,184
Características de Isolamento Térmico para ZB 1 e ZB2	isol	binário	
	vid	binário	
	Uvid	W/m ² .K	
Indicador de Graus-hora para Resfriamento	GHR	°C.h	A
			700
Consumo Relativo para Aquecimento	CA	kWh/m ² .ano	A
			3,890
Consumo Relativo para Refrigeração	CR	kWh/m ² .ano	B
			6,563

Tabela 34: Apartamento TIPO 2 (101 a 901 e 110 a 910) – Sala. Fonte: LABEE. Adaptada pelo autor (2014).

Zona Bioclimática	ZB	DETALHE IMPORTANTE: após os cálculos não modificar a zona bioclimática da célula E10	ZB4
Ambiente	Identificação	adimensional	UH TIPO 2 (101 a 901 e 110 a 910) - SALA
	Área útil do APP	m ²	23,30
Cobertura	Ucob	W/m ² .K	0,00
	CTcob	kJ/m ² .K	1,00
	αcob	adimensional	0,00
Paredes Externas	Upar	W/m ² .K	2,43
	CTpar	kJ/m ² .K	152,00
	αpar	adimensional	0,20
Característica construtiva	CTbaixa	binário	0
	CTalta	binário	0
Situação do piso e cobertura	cob	adimensional	0
	solo	adimensional	0
	pil	adimensional	0
Áreas de Paredes Externas do Ambiente	NORTE	m ²	3,93
	SUL	m ²	0,00
	LESTE	m ²	0,00
	OESTE	m ²	0,00
Áreas de Aberturas Externas	NORTE	m ²	3,15
	SUL	m ²	0,00
	LESTE	m ²	0,00
	OESTE	m ²	0,00
Características das Aberturas	Fvent	adimensional	0,44
	Somb	adimensional	0,00
Características Gerais	Área das Paredes Internas	m ²	40,87
	Pé Direito	m	2,36
	C altura	adimensional	0,101
Características de Isolamento Térmico para ZB 1 e ZB2	isol	binário	
	vid	binário	
	Uvid	W/m ² .K	
Indicador de Graus-hora para Resfriamento	GHR	°C.h	A
Consumo Relativo para Aquecimento	CA	kWh/m ² .ano	A
Consumo Relativo para Refrigeração	CR	kWh/m ² .ano	B
			5,953

Tabela 35: Apartamento TIPO 2 (101 a 901 e 110 a 910) – Quarto. Fonte: LABEE. Adaptada pelo autor (2014).

Zona Bioclimática	ZB	DETALHE IMPORTANTE: após os cálculos não modificar a zona bioclimática da célula E10	ZB4
Ambiente	Identificação	adimensional	UH TIPO 2 (101 a 901 e 110 a 910) - QUARTO
	Área útil do APP	m ²	12,81
Cobertura	Ucob	W/m ² .K	0,00
	CTcob	kJ/m ² .K	1,00
	αcob	adimensional	0,00
Paredes Externas	Upar	W/m ² .K	2,43
	CTpar	kJ/m ² .K	152,00
	qpar	adimensional	0,20
Característica construtiva	CTbaixa	binário	0
	CTalta	binário	0
Situação do piso e cobertura	cob	adimensional	0
	solo	adimensional	0
	pil	adimensional	0
Áreas de Paredes Externas do Ambiente	NORTE	m ²	10,60
	SUL	m ²	0,00
	LESTE	m ²	0,00
	OESTE	m ²	0,00
Áreas de Aberturas Externas	NORTE	m ²	0,70
	SUL	m ²	0,00
	LESTE	m ²	0,00
	OESTE	m ²	0,00
Características das Aberturas	Fvent	adimensional	0,45
	Somb	adimensional	0,00
Características Gerais	Área das Paredes Internas	m ²	22,18
	Pé Direito	m	2,36
	C altura	adimensional	0,184
Características de Isolamento Térmico para ZB 1 e ZB2	isol	binário	
	vid	binário	
	Uvid	W/m ² .K	
Indicador de Graus-hora para Resfriamento	GHR	°C.h	A
			726
Consumo Relativo para Aquecimento	CA	kWh/m ² .ano	A
			3,319
Consumo Relativo para Refrigeração	CR	kWh/m ² .ano	B
			6,735

- Apartamento TIPO 3:

Tabela 36: Apartamento TIPO 3 (103 a 903) – Sala. Fonte: LABEE. Adaptada pelo autor (2014).

Zona Bioclimática	ZB	DETALHE IMPORTANTE: após os cálculos não modificar a zona bioclimática da célula E10	ZB4
Ambiente	Identificação	adimensional	UH TIPO 3 (103 a 903) - SALA
	Área útil do APP	m ²	19,81
Cobertura	Ucob	W/m ² .K	0,00
	CTcob	kJ/m ² .K	1,00
	αcob	adimensional	0,00
Paredes Externas	Upar	W/m ² .K	2,43
	CTpar	kJ/m ² .K	152,00
	αpar	adimensional	0,20
Característica construtiva	CTbaixa	binário	0
	CTalta	binário	0
Situação do piso e cobertura	cob	adimensional	0
	solo	adimensional	0
	pil	adimensional	0
Áreas de Paredes Externas do Ambiente	NORTE	m ²	0,00
	SUL	m ²	0,00
	LESTE	m ²	3,35
	OESTE	m ²	0,00
Áreas de Aberturas Externas	NORTE	m ²	0,00
	SUL	m ²	0,00
	LESTE	m ²	3,32
	OESTE	m ²	0,00
Características das Aberturas	Fvent	adimensional	0,44
	Somb	adimensional	0,00
Características Gerais	Área das Paredes Internas	m ²	37,60
	Pé Direito	m	2,36
	C altura	adimensional	0,119
Características de Isolamento Térmico para ZB 1 e ZB2	isol	binário	
	vid	binário	0
	Uvid	W/m ² .K	
Indicador de Graus-hora para Resfriamento	GHR	°C.h	A
			709
Consumo Relativo para Aquecimento	CA	kWh/m ² .ano	A
			3,418
Consumo Relativo para Refrigeração	CR	kWh/m ² .ano	B
			7,123

Tabela 37: Apartamento TIPO 3 (103 a 903) – Quarto 1. Fonte: LABEE. Adaptada pelo autor (2014).

Zona Bioclimática	ZB	DETALHE IMPORTANTE: após os cálculos não modificar a zona bioclimática da célula E10	ZB4
Ambiente	Identificação	adimensional	UH TIPO 3 (103 a 903) - QUARTO 1
	Área útil do APP	m ²	11,27
Cobertura	Ucob	W/m ² .K	0,00
	CTcob	kJ/m ² .K	1,00
	αcob	adimensional	0,00
Paredes Externas	Upar	W/m ² .K	2,43
	CTpar	kJ/m ² .K	152,00
	αpar	adimensional	0,20
Característica construtiva	CTbaixa	binário	0
	CTalta	binário	0
Situação do piso e cobertura	cob	adimensional	0
	solo	adimensional	0
	pil	adimensional	0
Áreas de Paredes Externas do Ambiente	NORTE	m ²	0,00
	SUL	m ²	7,76
	LESTE	m ²	0,00
	OESTE	m ²	0,00
Áreas de Aberturas Externas	NORTE	m ²	0,00
	SUL	m ²	1,44
	LESTE	m ²	0,00
	OESTE	m ²	0,00
Características das Aberturas	Fvent	adimensional	0,45
	Somb	adimensional	0,00
Características Gerais	Área das Paredes Internas	m ²	21,00
	Pé Direito	m	2,36
	C altura	adimensional	0,209
Características de Isolamento Térmico para ZB 1 e ZB2	isol	binário	
	vid	binário	
	Uvid	W/m ² .K	
Indicador de Graus-hora para Resfriamento	GHR	°C.h	A 535
Consumo Relativo para Aquecimento	CA	kWh/m ² .ano	A 4,640
Consumo Relativo para Refrigeração	CR	kWh/m ² .ano	B 6,132

Tabela 38: Apartamento TIPO 3 (103 a 903) – Quarto 2. Fonte: LABEE. Adaptada pelo autor (2014).

Zona Bioclimática	ZB	DETALHE IMPORTANTE: após os cálculos não modificar a zona bioclimática da célula E10	ZB4
Ambiente	Identificação	adimensional	UH TIPO 3 (103 a 903) - QUARTO 2
	Área útil do APP	m ²	10,00
Cobertura	Ucob	W/m ² .K	0,00
	CTcob	kJ/m ² .K	1,00
	αcob	adimensional	0,00
Paredes Externas	Upar	W/m ² .K	2,43
	CTpar	kJ/m ² .K	152,00
	αpar	adimensional	0,20
Característica construtiva	CTbaixa	binário	0
	CTalta	binário	0
Situação do piso e cobertura	cob	adimensional	0
	solo	adimensional	0
	pil	adimensional	0
Áreas de Paredes Externas do Ambiente	NORTE	m ²	0,00
	SUL	m ²	5,43
	LESTE	m ²	6,77
	OESTE	m ²	0,00
Áreas de Aberturas Externas	NORTE	m ²	0,00
	SUL	m ²	0,00
	LESTE	m ²	0,70
	OESTE	m ²	0,00
Características das Aberturas	Fvent	adimensional	0,45
	Somb	adimensional	0,00
Características Gerais	Área das Paredes Internas	m ²	13,80
	Pé Direito	m	2,36
	C altura	adimensional	0,236
Características de Isolamento Térmico para ZB 1 e ZB2	isol	binário	0
	vid	binário	
	Uvid	W/m ² .K	
Indicador de Graus-hora para Resfriamento	GHR	°C.h	B
			882
Consumo Relativo para Aquecimento	CA	kWh/m ² .ano	A
			4,834
Consumo Relativo para Refrigeração	CR	kWh/m ² .ano	B
			6,419

Tabela 39: Apartamento TIPO 3 (102 a 902) – Sala. Fonte: LABEE. Adaptada pelo autor (2014).

Zona Bioclimática	ZB	DETALHE IMPORTANTE: após os cálculos não modificar a zona bioclimática da célula E10	ZB4
Ambiente	Identificação	adimensional	UH TIPO 3 (102 a 902) - SALA
	Área útil do APP	m ²	19,81
Cobertura	Ucob	W/m ² .K	0,00
	CTcob	kJ/m ² .K	1,00
	αcob	adimensional	0,00
Paredes Externas	Upar	W/m ² .K	2,43
	CTpar	kJ/m ² .K	152,00
	αpar	adimensional	0,20
Característica construtiva	CTbaixa	binário	0
	CTalta	binário	0
Situação do piso e cobertura	cob	adimensional	0
	solo	adimensional	0
	pil	adimensional	0
Áreas de Paredes Externas do Ambiente	NORTE	m ²	0,00
	SUL	m ²	0,00
	LESTE	m ²	0,00
	OESTE	m ²	3,35
Áreas de Aberturas Externas	NORTE	m ²	0,00
	SUL	m ²	0,00
	LESTE	m ²	0,00
	OESTE	m ²	3,32
Características das Aberturas	Fvent	adimensional	0,44
	Somb	adimensional	0,00
Características Gerais	Área das Paredes Internas	m ²	37,60
	Pé Direito	m	2,36
	C altura	adimensional	0,119
Características de Isolamento Térmico para ZB 1 e ZB2	isol	binário	
	vid	binário	
	Uvid	W/m ² .K	
Indicador de Graus-hora para Resfriamento	GHR	°C.h	B
			960
Consumo Relativo para Aquecimento	CA	kWh/m ² .ano	A
			3,418
Consumo Relativo para Refrigeração	CR	kWh/m ² .ano	B
			7,038

Tabela 40: Apartamento TIPO 3 (102 a 902) – Quarto 1. Fonte: LABEE. Adaptada pelo autor (2014).

Zona Bioclimática	ZB	DETALHE IMPORTANTE: após os cálculos não modificar a zona bioclimática da célula E10	ZB4
Ambiente	Identificação	adimensional	UH TIPO 3 (102 a 902) - QUARTO 1
	Área útil do APP	m ²	11,27
Cobertura	Ucob	W/m ² .K	0,00
	CTcob	kJ/m ² .K	1,00
	αcob	adimensional	0,00
Paredes Externas	Upar	W/m ² .K	2,43
	CTpar	kJ/m ² .K	152,00
	αpar	adimensional	0,20
Característica construtiva	CTbaixa	binário	0
	CTalta	binário	0
Situação do piso e cobertura	cob	adimensional	0
	solo	adimensional	0
	pil	adimensional	0
Áreas de Paredes Externas do Ambiente	NORTE	m ²	0,00
	SUL	m ²	7,76
	LESTE	m ²	0,00
	OESTE	m ²	0,00
Áreas de Aberturas Externas	NORTE	m ²	0,00
	SUL	m ²	1,44
	LESTE	m ²	0,00
	OESTE	m ²	0,00
Características das Aberturas	Fvent	adimensional	0,45
	Somb	adimensional	0,00
Características Gerais	Area das Paredes Internas	m ²	21,00
	Pé Direito	m	2,36
	C altura	adimensional	0,209
Características de Isolamento Térmico para ZB 1 e ZB2	isol	binário	
	vid	binário	
	Uvid	W/m ² .K	
Indicador de Graus-hora para Resfriamento	GHR	°C.h	A
			535
Consumo Relativo para Aquecimento	CA	kWh/m ² .ano	A
			4,640
Consumo Relativo para Refrigeração	CR	kWh/m ² .ano	B
			6,132

Tabela 41: Apartamento TIPO 3 (102 a 902) – Quarto 2. Fonte: LABEE. Adaptada pelo autor (2014).

Zona Bioclimática	ZB	DETALHE IMPORTANTE: após os cálculos não modificar a zona bioclimática da célula E10	ZB4
Ambiente	Identificação	adimensional	UH TIPO 3 (102 a 902) - QUARTO 2
	Área útil do APP	m ²	10,00
Cobertura	Ucob	W/m ² .K	0,00
	CTcob	kJ/m ² .K	1,00
	αcob	adimensional	0,00
Paredes Externas	Upar	W/m ² .K	2,43
	CTpar	kJ/m ² .K	152,00
	αpar	adimensional	0,20
Característica construtiva	CTbaixa	binário	0
	CTalta	binário	0
Situação do piso e cobertura	cob	adimensional	0
	solo	adimensional	0
	pil	adimensional	0
Áreas de Paredes Externas do Ambiente	NORTE	m ²	0,00
	SUL	m ²	5,43
	LESTE	m ²	0,00
	OESTE	m ²	6,77
Áreas de Aberturas Externas	NORTE	m ²	0,00
	SUL	m ²	0,00
	LESTE	m ²	0,00
	OESTE	m ²	0,70
Características das Aberturas	Fvent	adimensional	0,45
	Somb	adimensional	0,00
Características Gerais	Área das Paredes Internas	m ²	13,80
	Pé Direito	m	2,36
	C altura	adimensional	0,236
Características de Isolamento Térmico para ZB 1 e ZB2	isol	binário	
	vid	binário	
	Uvid	W/m ² .K	
Indicador de Graus-hora para Resfriamento	GHR	°C.h	B
			1037
Consumo Relativo para Aquecimento	CA	kWh/m ² .ano	A
			4,834
Consumo Relativo para Refrigeração	CR	kWh/m ² .ano	B
			6,562

Tabela 42: Apartamento TIPO 3 (109 a 909) – Sala. Fonte: LABEE. Adaptada pelo autor (2014).

Zona Bioclimática	ZB	DETALHE IMPORTANTE: após os cálculos não modificar a zona bioclimática da célula E10	ZB4
Ambiente	Identificação	adimensional	UH TIPO 3 (109 a 909) - SALA
	Área útil do APP	m ²	19,81
Cobertura	Ucob	W/m ² .K	0,00
	CTcob	kJ/m ² .K	1,00
	αcob	adimensional	0,00
Paredes Externas	Upar	W/m ² .K	2,43
	CTpar	kJ/m ² .K	152,00
	αpar	adimensional	0,20
Característica construtiva	CTbaixa	binário	0
	CTalta	binário	0
Situação do piso e cobertura	cob	adimensional	0
	solo	adimensional	0
	pil	adimensional	0
Áreas de Paredes Externas do Ambiente	NORTE	m ²	0,00
	SUL	m ²	0,00
	LESTE	m ²	0,00
	OESTE	m ²	3,35
Áreas de Aberturas Externas	NORTE	m ²	0,00
	SUL	m ²	0,00
	LESTE	m ²	0,00
	OESTE	m ²	3,32
Características das Aberturas	Fvent	adimensional	0,44
	Somb	adimensional	0,00
Características Gerais	Área das Paredes Internas	m ²	37,60
	Pé Direito	m	2,36
	C altura	adimensional	0,119
Características de Isolamento Térmico para ZB 1 e ZB2	isol	binário	
	vid	binário	
	Uvid	W/m ² .K	
Indicador de Graus-hora para Resfriamento	GHR	°C.h	B
			960
Consumo Relativo para Aquecimento	CA	kWh/m ² .ano	A
			3,418
Consumo Relativo para Refrigeração	CR	kWh/m ² .ano	B
			7,038

Tabela 43: Apartamento TIPO 3 (109 a 909) – Quarto 1. Fonte: LABEE. Adaptada pelo autor (2014).

Zona Bioclimática	ZB	DETALHE IMPORTANTE: após os cálculos não modificar a zona bioclimática da célula E10	ZB4
Ambiente	Identificação	adimensional	UH TIPO 3 (109 a 909) - QUARTO 1
	Área útil do APP	m ²	11,27
Cobertura	Ucob	W/m ² .K	0,00
	CTcob	kJ/m ² .K	1,00
	αcob	adimensional	0,00
Paredes Externas	Upar	W/m ² .K	2,43
	CTpar	kJ/m ² .K	152,00
	αpar	adimensional	0,20
Característica construtiva	CTbaixa	binário	0
	CTalta	binário	0
Situação do piso e cobertura	cob	adimensional	0
	solo	adimensional	0
	pil	adimensional	0
Áreas de Paredes Externas do Ambiente	NORTE	m ²	7,76
	SUL	m ²	0,00
	LESTE	m ²	0,00
	OESTE	m ²	0,00
Áreas de Aberturas Externas	NORTE	m ²	1,44
	SUL	m ²	0,00
	LESTE	m ²	0,00
	OESTE	m ²	0,00
Características das Aberturas	Fvent	adimensional	0,45
	Somb	adimensional	0,00
Características Gerais	Área das Paredes Internas	m ²	21,00
	Pé Direito	m	2,36
	C altura	adimensional	0,209
Características de Isolamento Térmico para ZB 1 e ZB2	isol	binário	
	vid	binário	
	Uvid	W/m ² .K	
Indicador de Graus-hora para Resfriamento	GHR	°C.h	B
			752
Consumo Relativo para Aquecimento	CA	kWh/m ² .ano	A
			3,268
Consumo Relativo para Refrigeração	CR	kWh/m ² .ano	B
			6,357

Tabela 44: Apartamento TIPO 3 (109 a 909) – Quarto 2. Fonte: LABEE. Adaptada pelo autor (2014).

Zona Bioclimática	ZB	DETALHE IMPORTANTE: após os cálculos não modificar a zona bioclimática da célula E10	ZB4
Ambiente	Identificação	adimensional	UH TIPO 3 (109 a 909) - QUARTO 2
	Área útil do APP	m ²	10,00
Cobertura	Ucob	W/m ² .K	0,00
	CTcob	kJ/m ² .K	1,00
	αcob	adimensional	0,00
Paredes Externas	Upar	W/m ² .K	2,43
	CTpar	kJ/m ² .K	152,00
	αpar	adimensional	0,20
Característica construtiva	CTbaixa	binário	0
	CTalta	binário	0
Situação do piso e cobertura	cob	adimensional	0
	solo	adimensional	0
	pil	adimensional	0
Áreas de Paredes Externas do Ambiente	NORTE	m ²	5,43
	SUL	m ²	0,00
	LESTE	m ²	0,00
	OESTE	m ²	6,77
Áreas de Aberturas Externas	NORTE	m ²	0,00
	SUL	m ²	0,00
	LESTE	m ²	0,00
	OESTE	m ²	0,70
Características das Aberturas	Fvent	adimensional	0,45
	Somb	adimensional	0,00
Características Gerais	Área das Paredes Internas	m ²	13,80
	Pé Direito	m	2,36
	C altura	adimensional	0,236
Características de Isolamento Térmico para ZB 1 e ZB2	isol	binário	
	vid	binário	
	Uvid	W/m ² .K	
Indicador de Graus-hora para Resfriamento	GHR	°C.h	B
			1372
Consumo Relativo para Aquecimento	CA	kWh/m ² .ano	A
			3,814
Consumo Relativo para Refrigeração	CR	kWh/m ² .ano	B
			6,562

Tabela 45: Apartamento TIPO 3 (108 a 908) – Sala. Fonte: LABEE. Adaptada pelo autor (2014).

Zona Bioclimática	ZB	DETALHE IMPORTANTE: após os cálculos não modificar a zona bioclimática da célula E10	ZB4
Ambiente	Identificação	adimensional	UH TIPO 3 (108 a 908) - SALA
	Área útil do APP	m²	19,81
Cobertura	Ucob	W/m².K	0,00
	CTcob	kJ/m².K	1,00
	αcob	adimensional	0,00
Paredes Externas	Upar	W/m².K	2,43
	CTpar	kJ/m².K	152,00
	αpar	adimensional	0,20
Característica construtiva	CTbaixa	binário	0
	CTalta	binário	0
Situação do piso e cobertura	cob	adimensional	0
	solo	adimensional	0
	pil	adimensional	0
Áreas de Paredes Externas do Ambiente	NORTE	m²	0,00
	SUL	m²	0,00
	LESTE	m²	3,35
	OESTE	m²	0,00
Áreas de Aberturas Externas	NORTE	m²	0,00
	SUL	m²	0,00
	LESTE	m²	3,32
	OESTE	m²	0,00
Características das Aberturas	Fvent	adimensional	0,44
	Somb	adimensional	0,00
Características Gerais	Área das Paredes Internas	m²	37,60
	Pé Direito	m	2,36
	C altura	adimensional	0,119
Características de Isolamento Térmico para ZB 1 e ZB2	isol	binário	
	vid	binário	
	Uvid	W/m².K	
Indicador de Graus-hora para Resfriamento	GHR	°C.h	A
			709
Consumo Relativo para Aquecimento	CA	kWh/m².ano	A
			3,418
Consumo Relativo para Refrigeração	CR	kWh/m².ano	B
			7,123

Tabela 46: Apartamento TIPO 3 (108 a 908) – Quarto 1. Fonte: LABEE. Adaptada pelo autor (2014).

Zona Bioclimática	ZB	DETALHE IMPORTANTE: após os cálculos não modificar a zona bioclimática da célula E10	ZB4
Ambiente	Identificação	adimensional	UH TIPO 3 (108 a 908) - QUARTO 1
	Área útil do APP	m ²	11,27
Cobertura	Ucob	W/m ² .K	0,00
	CTcob	kJ/m ² .K	1,00
	αcob	adimensional	0,00
Paredes Externas	Upar	W/m ² .K	2,43
	CTpar	kJ/m ² .K	152,00
	αpar	adimensional	0,20
Característica construtiva	CTbaixa	binário	0
	CTalta	binário	0
Situação do piso e cobertura	cob	adimensional	0
	solo	adimensional	0
	pil	adimensional	0
Áreas de Paredes Externas do Ambiente	NORTE	m ²	7,76
	SUL	m ²	0,00
	LESTE	m ²	0,00
	OESTE	m ²	0,00
Áreas de Aberturas Externas	NORTE	m ²	1,44
	SUL	m ²	0,00
	LESTE	m ²	0,00
	OESTE	m ²	0,00
Características das Aberturas	Fvent	adimensional	0,45
	Somb	adimensional	0,00
Características Gerais	Área das Paredes Internas	m ²	21,00
	Pé Direito	m	2,36
	C altura	adimensional	0,209
Características de Isolamento Térmico para ZB 1 e ZB2	isol	binário	
	vid	binário	
	Uvid	W/m ² .K	
Indicador de Graus-hora para Resfriamento	GHR	°C.h	B 752
Consumo Relativo para Aquecimento	CA	kWh/m ² .ano	A 3,268
Consumo Relativo para Refrigeração	CR	kWh/m ² .ano	B 6,357

Tabela 47: Apartamento TIPO 3 (108 a 908) – Quarto 2. Fonte: LABEE. Adaptada pelo autor (2014).

Zona Bioclimática	ZB	DETALHE IMPORTANTE: após os cálculos não modificar a zona bioclimática da célula E10	ZB4
Ambiente	Identificação	adimensional	UH TIPO 3 (108 a 908) - QUARTO 2
	Área útil do APP	m ²	10,00
Cobertura	Ucob	W/m ² .K	0,00
	CTcob	kJ/m ² .K	1,00
	acob	adimensional	0,00
Paredes Externas	Upar	W/m ² .K	2,43
	CTpar	kJ/m ² .K	152,00
	apar	adimensional	0,20
Característica construtiva	CTbaixa	binário	0
	CTalta	binário	0
Situação do piso e cobertura	cob	adimensional	0
	solo	adimensional	0
	pil	adimensional	0
Áreas de Paredes Externas do Ambiente	NORTE	m ²	5,43
	SUL	m ²	0,00
	LESTE	m ²	6,77
	OESTE	m ²	0,00
Áreas de Aberturas Externas	NORTE	m ²	0,00
	SUL	m ²	0,00
	LESTE	m ²	0,70
	OESTE	m ²	0,00
Características das Aberturas	Fvent	adimensional	0,45
	Somb	adimensional	0,00
Características Gerais	Área das Paredes Internas	m ²	13,80
	Pé Direito	m	2,36
	C altura	adimensional	0,236
Características de Isolamento Térmico para ZB 1 e ZB2	isol	binário	
	vid	binário	
	Uvid	W/m ² .K	
Indicador de Graus-hora para Resfriamento	GHR	°C.h	B 1217
Consumo Relativo para Aquecimento	CA	kWh/m ² .ano	A 3,814
Consumo Relativo para Refrigeração	CR	kWh/m ² .ano	B 6,419

APÊNDICE B: RESULTADOS OBTIDOS DA ANÁLISE DA ENVOLTÓRIA

1) UH TIPO 1 (apartamentos 105 a 905; e 106 a 906):

a) UH naturalmente ventilada:

Tabela 48: Cálculo do $EqNumEnvresf$ da UH – TIPO 1.

CÁLCULO $EqNumEnv$ DA UH – RESFRIAMENTO			
AMBIENTE	$EqNumEnvAmbresf$	$AU_{amb} (m^2)$	$EqNumEnvresf$
Quarto/sala	5	22,26	5

Tabela 49: Cálculo do $EqNumEnvA$ da UH – TIPO 1.

CÁLCULO $EqNumEnv$ DA UH – AQUECIMENTO			
AMBIENTE	$EqNumEnvAmbA$	$AU_{amb} (m^2)$	$EqNumEnvA$
Quarto/sala	5	22,26	5

Tabela 50: Cálculo do $EqNumEnv$ da UH – TIPO 1.

$EqNumEnv = 0,68 \times EqNumAmbresf + 0,32 \times EqNumAmbA$			
$EqNumEnv = 5$			
A			

b) UH condicionada artificialmente:

Tabela 51: Cálculo do $EqNumEnvrefrig$ da UH TIPO 1.

CÁLCULO $EqNumEnv$ DA UH – REFRIGERAÇÃO			
AMBIENTE	$EqNumEnvAmbrefrig$	$AU_{amb} (m^2)$	$EqNumEnvrefrig$
Quarto/sala	4	22,26	4
B			

2) UH TIPO 2 (apartamentos 104 a 904; e 107 a 907):

a) UH naturalmente ventilada:

Tabela 52: Cálculo do $EqNumEnvresf$ da UH – TIPO 2 (apartamentos 104 a 904; e 107 a 907).

CÁLCULO $EqNumEnv$ DA UH – RESFRIAMENTO			
AMBIENTE	$EqNumEnvAmbresf$	$AU_{amb} (m^2)$	$EqNumEnvresf$
Sala	5	23,3	5
Quarto	5	12,81	

Tabela 53: Cálculo do $EqNumEnvA$ da UH – TIPO 2 (apartamentos 104 a 904; e 107 a 907).

CÁLCULO $EqNumEnv$ DA UH – AQUECIMENTO			
AMBIENTE	$EqNumEnvAmbA$	$AUamb (m^2)$	$EqNumEnvA$
Sala	5	23,3	5
Quarto	5	12,81	

Tabela 54: Cálculo do $EqNumEnv$ da UH – TIPO 2 (apartamentos 104 a 904; e 107 a 907).

$EqNumEnv = 0,68 \times EqNumAmbresfr + 0,32 \times EqNumAmbA$
$EqNumEnv = 5$
A

a) UH condicionada artificialmente:

Tabela 55: Cálculo do $EqNumEnvrefrig$ da UH TIPO 2 (apartamentos 104 a 904; e 107 a 907).

CÁLCULO $EqNumEnv$ DA UH – REFRIGERAÇÃO			
AMBIENTE	$EqNumEnvAmbrefrig$	$AUamb (m^2)$	$EqNumEnvrefrig$
Quarto	4	12,81	4
B			

3) UH TIPO 2 (apartamentos 101 a 901; e 110 a 910):

a) UH naturalmente ventilada:

Tabela 56: Cálculo do $EqNumEnvresf$ da UH – TIPO 2 (apartamentos 101 a 901; e 110 a 910).

CÁLCULO $EqNumEnv$ DA UH – RESFRIAMENTO			
AMBIENTE	$EqNumEnvAmbresf$	$AUamb (m^2)$	$EqNumEnvresf$
Sala	5	23,3	5
Quarto	5	12,81	

Tabela 57: Cálculo do $EqNumEnvA$ da UH – TIPO 2 (apartamentos 101 a 901; e 110 a 910).

CÁLCULO $EqNumEnv$ DA UH – AQUECIMENTO			
AMBIENTE	$EqNumEnvAmbA$	$AUamb (m^2)$	$EqNumEnvA$
Sala	5	23,3	5
Quarto	5	12,81	

Tabela 58: Cálculo do $EqNumEnv$ da UH – TIPO 2 (apartamentos 101 a 901; e 110 a 910).

$EqNumEnv = 0,68 \times EqNumAmbresfr + 0,32 \times EqNumAmbA$
$EqNumEnv = 5$
A

b) UH condicionada artificialmente:

Tabela 59: Cálculo do $EqNumEnvrefrig$ da UH TIPO 2 (apartamentos 101 a 901; e 110 a 910).

CÁLCULO $EqNumEnv$ DA UH – REFRIGERAÇÃO			
AMBIENTE	$EqNumEnvAmbrefrig$	$AU_{amb} (m^2)$	$EqNumEnvrefrig$
Quarto	4	12,81	4
B			

4) UH TIPO 3 (apartamentos 103 a 903):

a) UH naturalmente ventilada:

Tabela 60: Cálculo do $EqNumEnvresf$ da UH – TIPO 3 (apartamentos 103 a 903).

CÁLCULO $EqNumEnv$ DA UH – RESFRIAMENTO			
AMBIENTE	$EqNumEnvAmbresf$	$AU_{amb} (m^2)$	$EqNumEnvresf$
Sala	5	19,81	4,7
Quarto 1	5	11,27	
Quarto 2	4	10	

Tabela 61: Cálculo do $EqNumEnvA$ da UH – TIPO 3 (apartamentos 103 a 903).

CÁLCULO $EqNumEnv$ DA UH – AQUECIMENTO			
AMBIENTE	$EqNumEnvAmbA$	$AU_{amb} (m^2)$	$EqNumEnvA$
Sala	5	19,81	5
Quarto 1	5	11,27	
Quarto 2	5	10	

Tabela 62: Cálculo do $EqNumEnv$ da UH – TIPO 3 (apartamentos 103 a 903).

$EqNumEnv = 0,68 \times EqNumAmbresfr + 0,32 \times EqNumAmbA$
$EqNumEnv = 5$
A

c) UH condicionada artificialmente:

Tabela 63: Cálculo do $EqNumEnv_{refrig}$ da UH TIPO 3 (apartamentos 103 a 903).

CÁLCULO $EqNumEnv$ DA UH – REFRIGERAÇÃO			
AMBIENTE	$EqNumEnvAmbrefrig$	$AUamb$ (m²)	$EqNumEnvrefrig$
Quarto 1	4	11,27	4
Quarto 2	4	10	
B			

5) UH TIPO 3 (apartamentos 102 a 902):

a) UH naturalmente ventilada:

Tabela 64: Cálculo do $EqNumEnv_{resf}$ da UH – TIPO 3 (apartamentos 102 a 902).

CÁLCULO $EqNumEnv$ DA UH – RESFRIAMENTO			
AMBIENTE	$EqNumEnv_{Ambresf}$	$AU_{amb} (m^2)$	$EqNumEnv_{resf}$
Sala	4	19,81	4,3
Quarto 1	5	11,27	
Quarto 2	4	10	

Tabela 65: Cálculo do $EqNumEnv_A$ da UH – TIPO 3 (apartamentos 102 a 902).

CÁLCULO $EqNumEnv$ DA UH – AQUECIMENTO			
AMBIENTE	$EqNumEnv_{AmbA}$	$AU_{amb} (m^2)$	$EqNumEnv_A$
Sala	5	19,81	5
Quarto 1	5	11,27	
Quarto 2	5	10	

Tabela 66: Cálculo do $EqNumEnv$ da UH – TIPO 3 (apartamentos 102 a 902).

$EqNumEnv = 0,68 \times EqNum_{Ambresf} + 0,32 \times EqNum_{AmbA}$
$EqNumEnv = 4,52$
A

b) UH condicionada artificialmente:

Tabela 67: Cálculo do $EqNumEnv_{refrig}$ da UH TIPO 3 (apartamentos 102 a 902).

CÁLCULO $EqNumEnv$ DA UH – REFRIGERAÇÃO			
AMBIENTE	$EqNumEnvAmbrefrig$	$AU_{amb} (m^2)$	$EqNumEnvrefrig$
Quarto 1	4	11,27	4
Quarto 2	4	10	
B			

6) UH TIPO 3 (apartamentos 109 a 909):

a) UH naturalmente ventilada:

Tabela 68: Cálculo do $EqNumEnv_{resf}$ da UH – TIPO 3 (apartamentos 109 a 909).

CÁLCULO $EqNumEnv$ DA UH – RESFRIAMENTO			
AMBIENTE	$EqNumEnv_{Ambresf}$	$AU_{amb} (m^2)$	$EqNumEnv_{resf}$
Sala	4	19,81	4
Quarto 1	4	11,27	
Quarto 2	4	10	

Tabela 69: Cálculo do $EqNumEnv_A$ da UH – TIPO 3 (apartamentos 109 a 909).

CÁLCULO $EqNumEnv$ DA UH – AQUECIMENTO			
AMBIENTE	$EqNumEnv_{AmbA}$	$AU_{amb} (m^2)$	$EqNumEnv_A$
Sala	5	19,81	5
Quarto 1	5	11,27	
Quarto 2	5	10	

Tabela 70: Cálculo do $EqNumEnv$ da UH – TIPO 3 (apartamentos 109 a 909).

$EqNumEnv = 0,68 \times EqNum_{Ambresf} + 0,32 \times EqNum_{AmbA}$	
$EqNumEnv = 4,32$	
B	

b) UH condicionada artificialmente:

Tabela 71: Cálculo do $EqNumEnv_{refrig}$ da UH TIPO 3 (apartamentos 109 a 909).

CÁLCULO $EqNumEnv$ DA UH – REFRIGERAÇÃO			
AMBIENTE	$EqNumEnvAmbrefrig$	$AUamb$ (m²)	$EqNumEnvrefrig$
Quarto 1	4	11,27	4
Quarto 2	4	10	
B			

7) UH TIPO 3 (apartamentos 108 a 908):

a) UH naturalmente ventilada:

Tabela 72: Cálculo do $EqNumEnv_{resf}$ da UH – TIPO 3 (apartamentos 108 a 908).

CÁLCULO $EqNumEnv$ DA UH – RESFRIAMENTO			
AMBIENTE	$EqNumEnv_{Ambresf}$	$AU_{amb} (m^2)$	$EqNumEnv_{resf}$
Sala	5	19,81	4,5
Quarto 1	4	11,27	
Quarto 2	4	10	

Tabela 73: Cálculo do $EqNumEnv_A$ da UH – TIPO 3 (apartamentos 108 a 908).

CÁLCULO $EqNumEnv$ DA UH – AQUECIMENTO			
AMBIENTE	$EqNumEnv_{AmbA}$	$AU_{amb} (m^2)$	$EqNumEnv_A$
Sala	5	19,81	5
Quarto 1	5	11,27	
Quarto 2	5	10	

Tabela 74: Cálculo do $EqNumEnv$ da UH – TIPO 3 (apartamentos 108 a 908).

$EqNumEnv = 0,68 \times EqNum_{Ambresf} + 0,32 \times EqNum_{AmbA}$
$EqNumEnv = 4,65$
A

b) UH condicionada artificialmente:

Tabela 75: Cálculo do $EqNumEnvrefrig$ da UH TIPO 3 (apartamentos 108 a 908).

CÁLCULO $EqNumEnv$ DA UH – REFRIGERAÇÃO			
AMBIENTE	$EqNumEnvAmbrefrig$	AU_{amb} (m²)	$EqNumEnvrefrig$
Quarto 1	4	11,27	4
Quarto 2	4	10	
B			

ANEXOS

		Pág.
ANEXO I	PROJETO DE ARQUITETURA DO EDIFÍCIO CENTRAL VALLE RESIDENCE	102
ANEXO II	SELO CONPET – FOGÕES E FORNOS DOMÉSTICOS A GÁS	115
ANEXO III	SELO PROCEL – LÂMPADAS FLUORESCENTES COMPACTAS 220V	116
ANEXO IV	ASPECTOS DA ETIQUETAGEM EM EDIFICAÇÕES EM PORTUGAL	117

ANEXO I: PROJETO DE ARQUITETURA DO EDIFÍCIO CENTRAL VALLE RESIDENCE

MEDIDAS DE PORTAS E ESQUADRIAS:

*NOTA: AS PAREDES DA CAIXA DE ESCADA SERÃO RESISTENTES A 120 MINUTOS DE FOGO

ÁREAS		ÁREA NÃO COMPUTÁVEL	ÁREA COMPUTÁVEL	TOTAL
ÁREAS	TERREÇO	129,25 m²	220,80 m²	350,05 m²
	PAVIMENTO TIPO (9 PAVIMENTOS)	40,75 m²	485,50 m²	506,25 m²
	1º SUBSOLO	618,00 m²		618,00 m²
	2º SUBSOLO	618,00 m²		618,00 m²
	COBERTURA	337,00 m²	133,00 m²	470,00 m²
	TOTAL	2069,00 m²	454,3 m²	2523,3 m²
PORTAS E ESQUADRIAS	PORTAS E ESQUADRIAS			
	PORTAS			
	PM1 - PORTA DE MADEIRA 80x210cm			
	PM2 - PORTA DE MADEIRA 90x210cm			
	PA1 - PORTA VENEZIANA DE ALUMÍNIO 60x210cm			
	PA2 - PORTA VENEZIANA DE ALUMÍNIO 80x210cm			
	PV1 - PORTA DE CORRER DE ALUMÍNIO E VIDRO 180x210cm			
	PV2 - PORTA DE CORRER DE VIDRO 175x210cm			
	PV3 - PORTA DE VIDRO 90x210cm			
	PV4 - PORTA DUPLA DE VIDRO 200x210cm			
	PCF1 - PORTA CORTA FOGO, CLASSE P120 (RESISTENTE 120MIN)			
	PCF2 - PORTA CORTA FOGO C/ VENEZIANA, CLASSE P120 (120MIN)			
	PF1 - PORTA VENEZIANA DUPLA DE FERRO 180x210cm			
	ESQUADRIAS			
	EV1 - ESQUADRIA MAXIMAR EM ALUMÍNIO E VIDRO 320x280cm			
	EV2 - ESQUADRIA DE CORRER EM ALUMÍNIO E VIDRO 180x120cm			
	EV3 - ESQUADRIA MAXIMAR EM ALUMÍNIO VIDRO 60x60cm			
	EW4 - ESQUADRIA MAXIMAR EM ALUMÍNIO VIDRO 120x60cm			
	EV5 - ESQUADRIA MAXIMAR EM ALUMÍNIO VIDRO 300x60cm			
	EV6 - ESQUADRIA MAXIMAR EM AÇO E VIDRO TEMP. 200x60cm			
	EA1 - ESQUADRIA VENEZIANA FIXA EM ALUMÍNIO 60x200cm			
	EA2 - ESQUADRIA VENEZIANA FIXA EM ALUMÍNIO 100x15cm			
	EA3 - ESQUADRIA VENEZIANA FIXA EM ALUMÍNIO 200x60cm			
ESPECIFICAÇÕES	<input type="radio"/> PISO			
	01 CERÂMICA 30x30 CM			
	02 CIMENTADO LISO			
	<input type="checkbox"/> PAREDE			
	01 PINTURA PVA SOBRE PAREDE DE ALVENARIA			
	02 CERÂMICA 30x30 CM			
	<input type="checkbox"/> TETO			
	01 GESSO/COLA SOBRE LAJE DE CONCRETO			

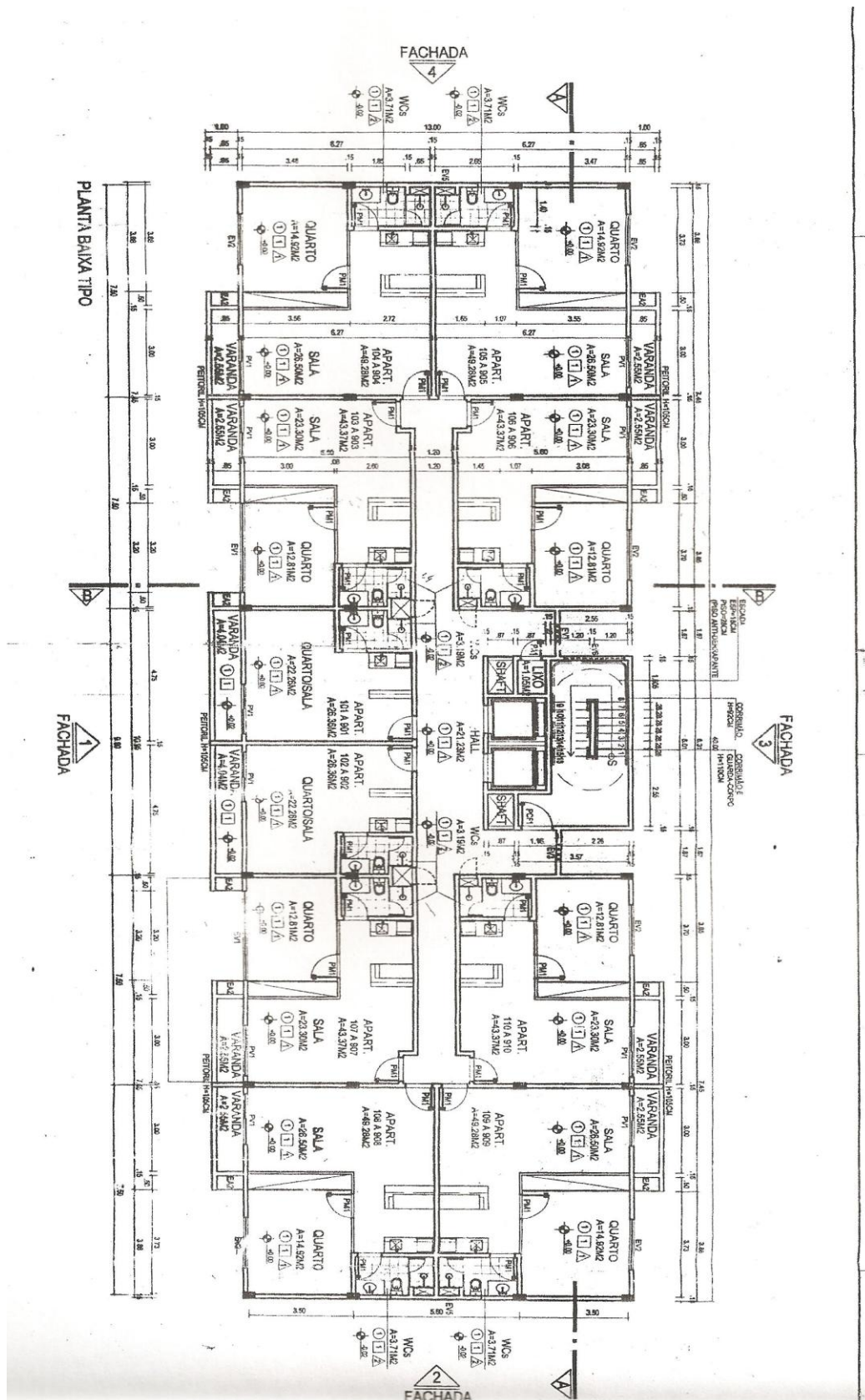
Folha

Processo: 12106

Kuoni

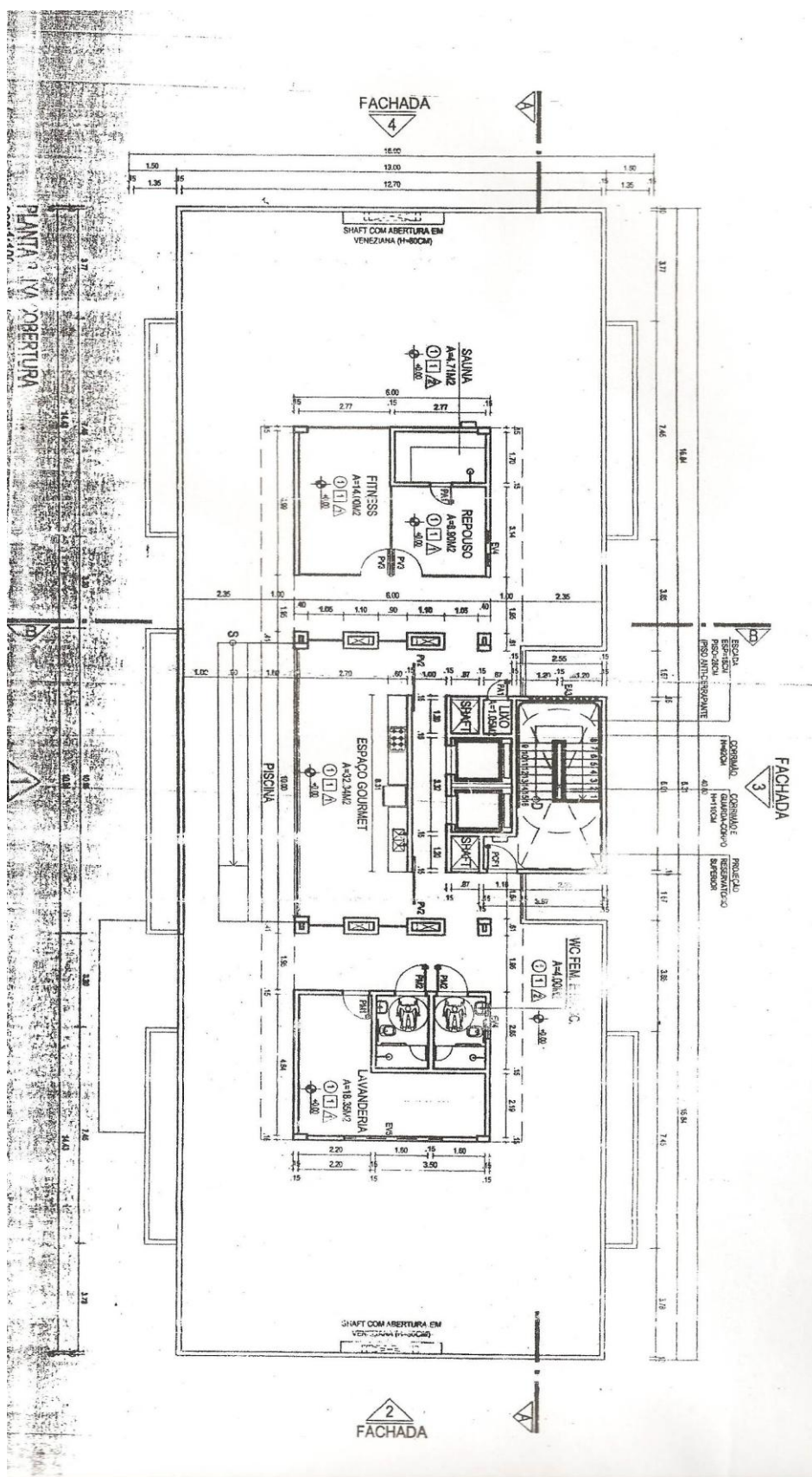
Fonte: MEVALLE Construções, 2014.

- PAVIMENTO TIPO:



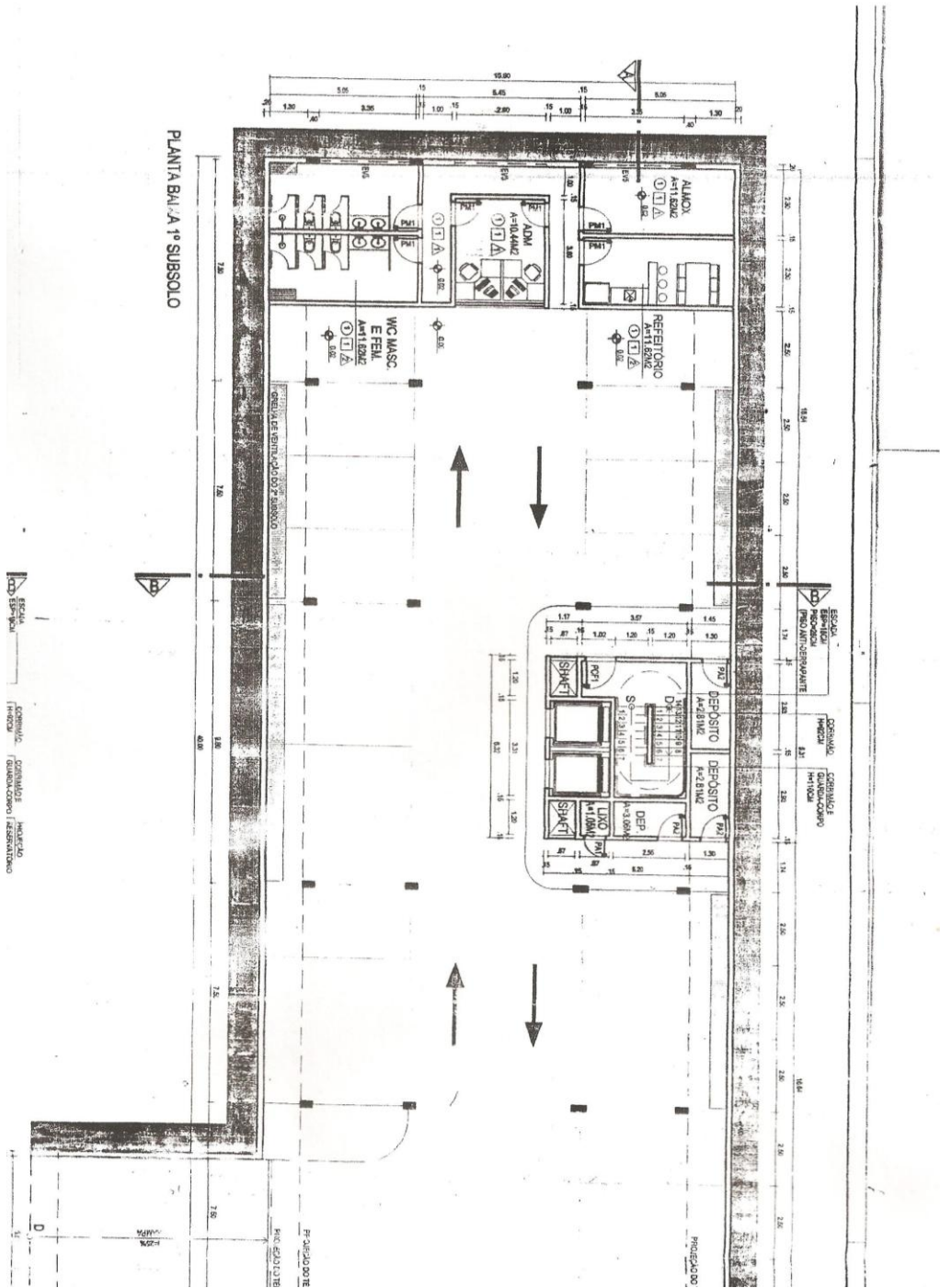
Fonte: MEVALLE Construções, 2014.

- COBERTURA



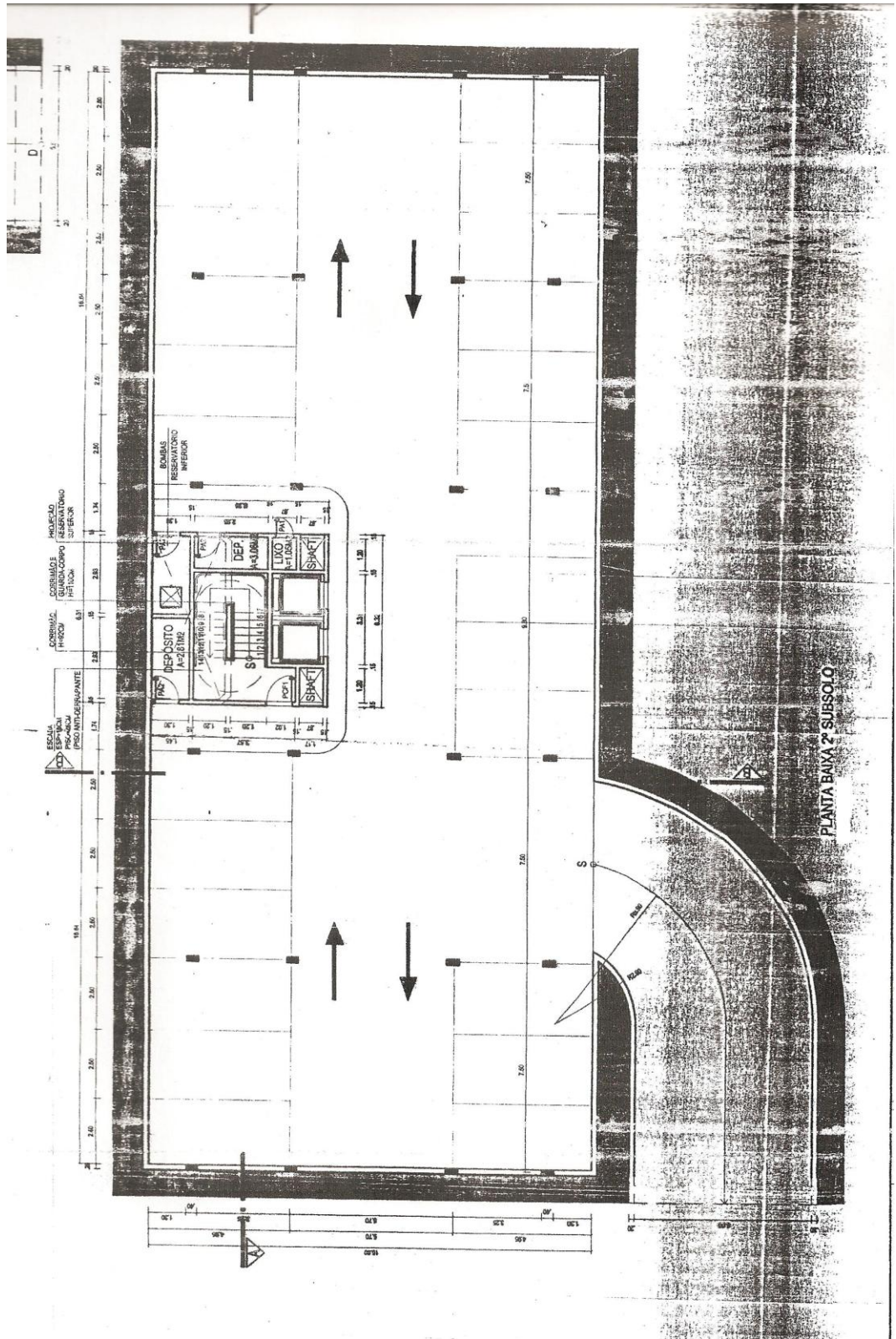
Fonte: Construtora MVALLE, 2014.

- 1º SUBSOLO:



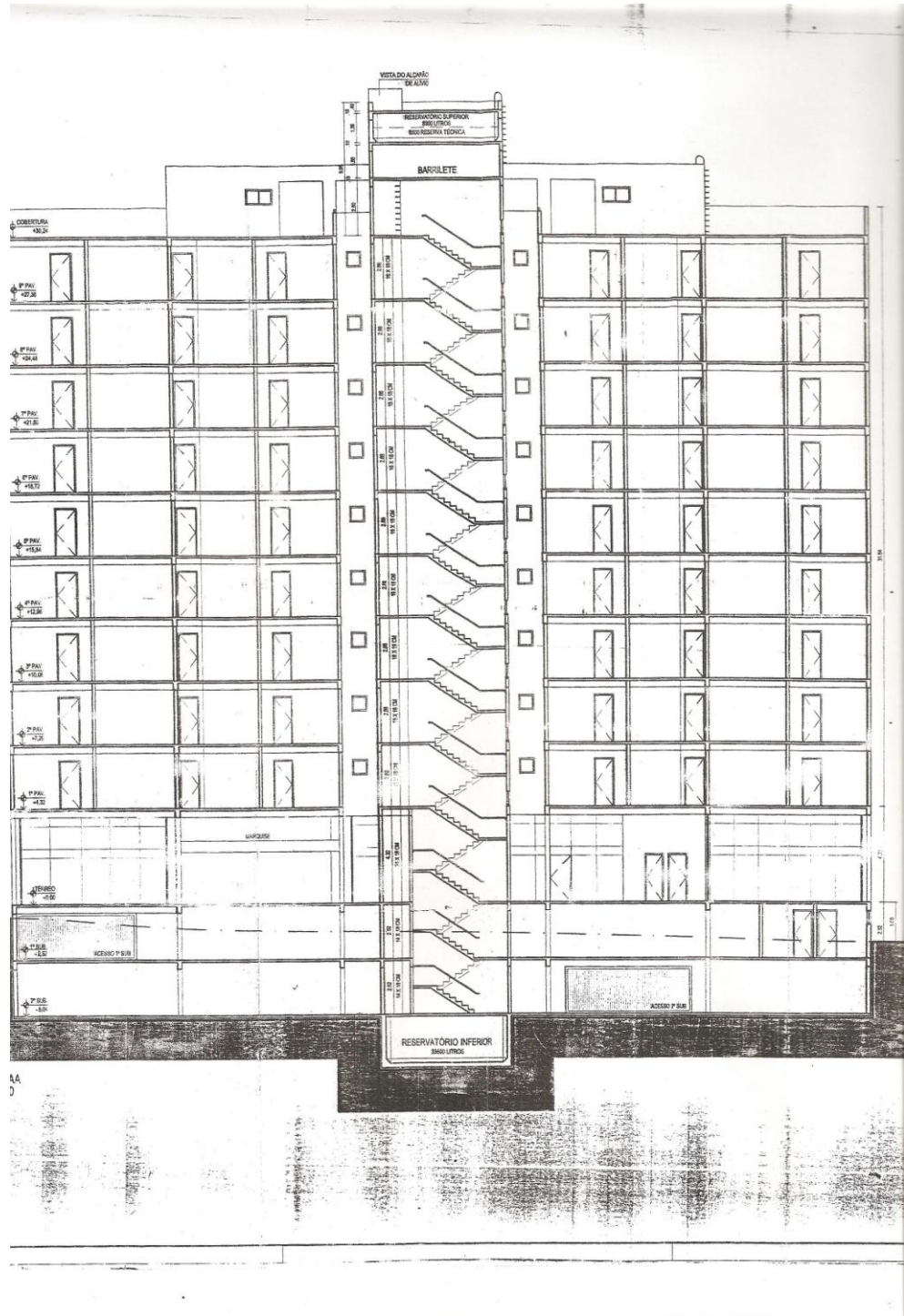
Fonte: Construtora MVALLE, 2014.

- 2º SUBSOLO:



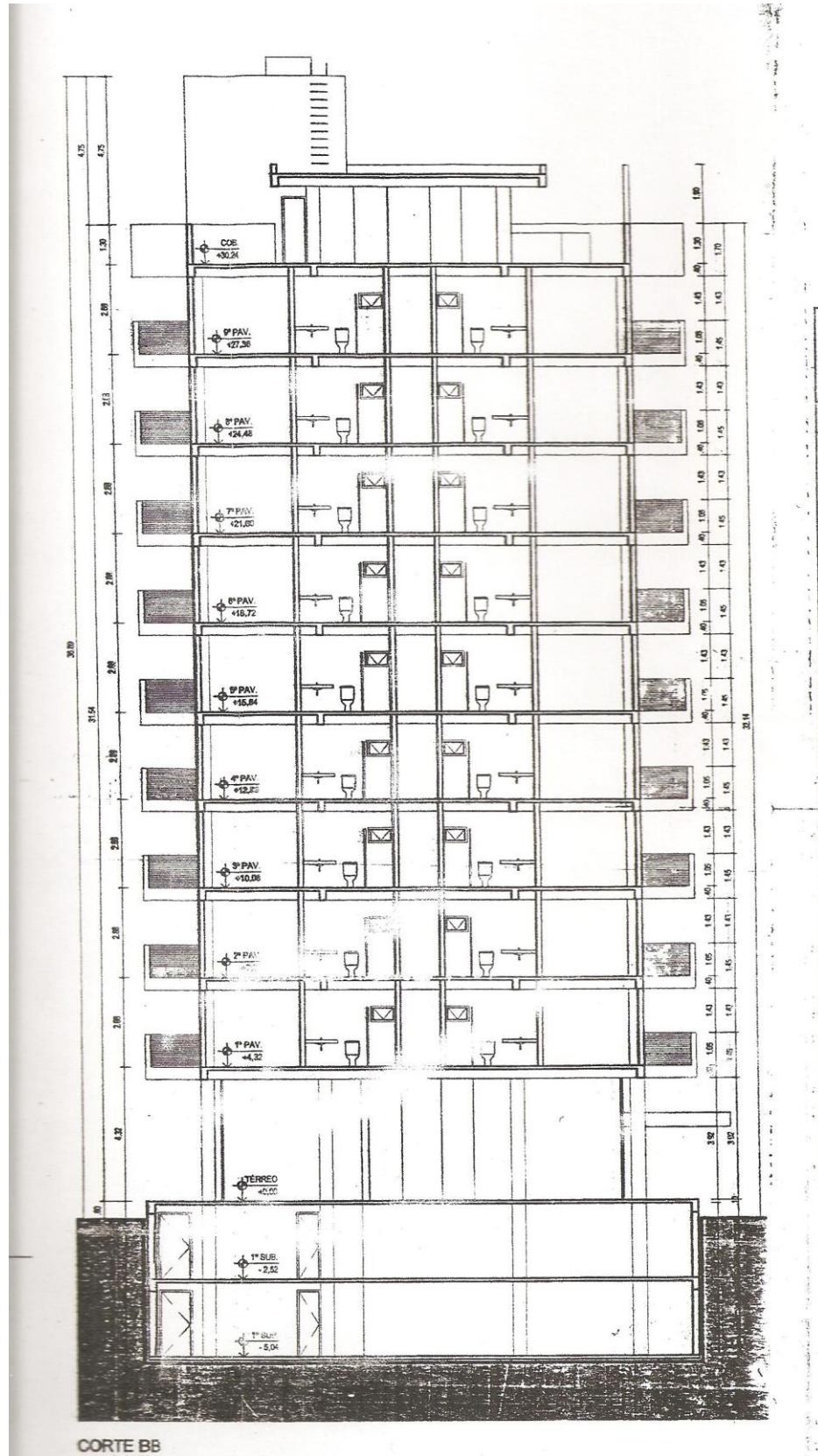
Fonte: Construtora MVALLE, 2014.

- CORTE AA:



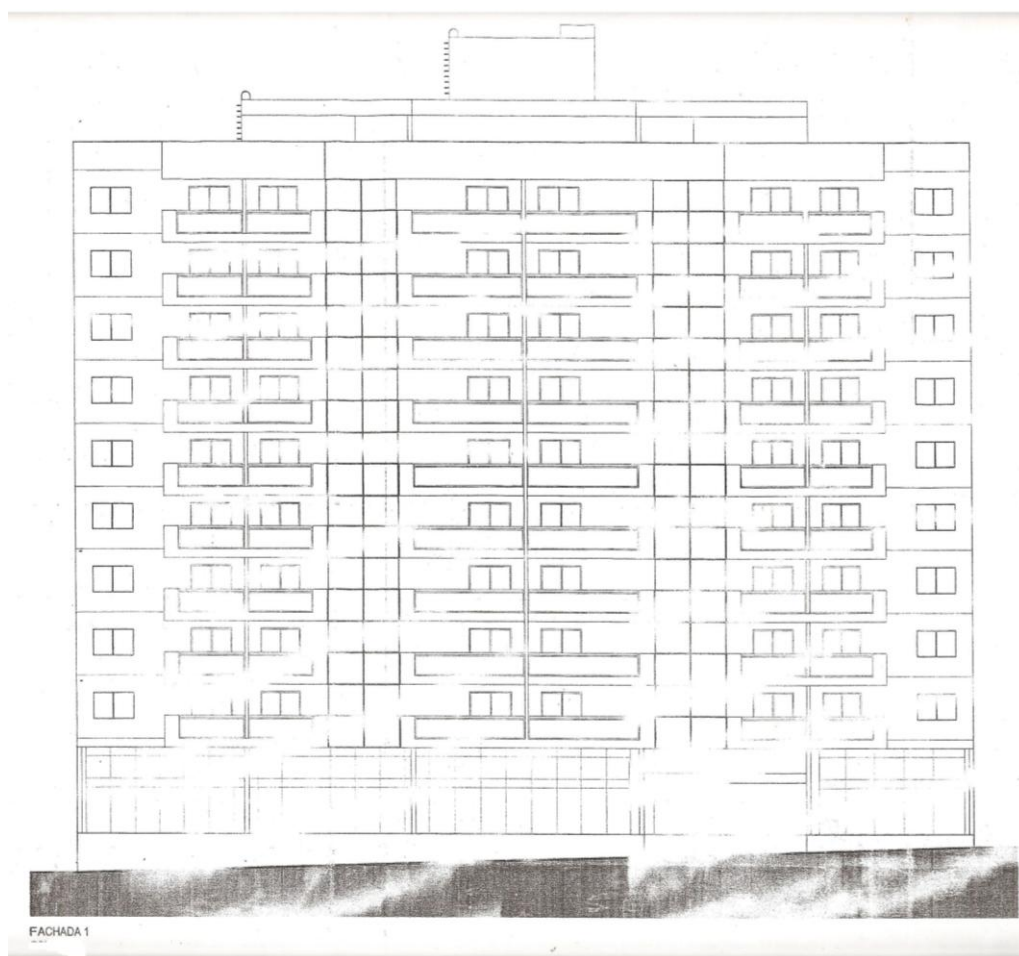
Fonte: Construtora MVALLE, 2014.

- CORTE BB:



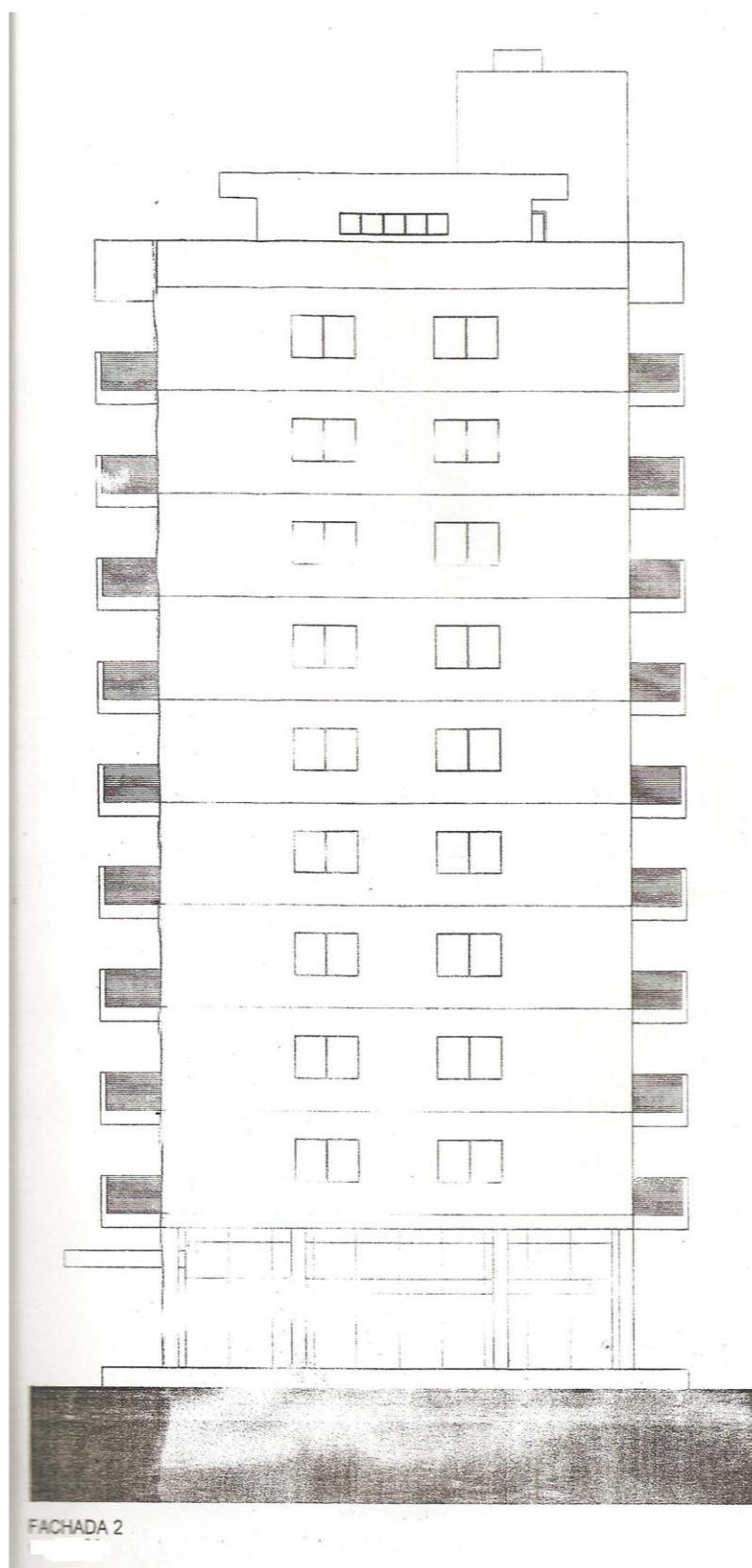
Fonte: Construtora MVALLE, 2014.

- FACHADA 1:



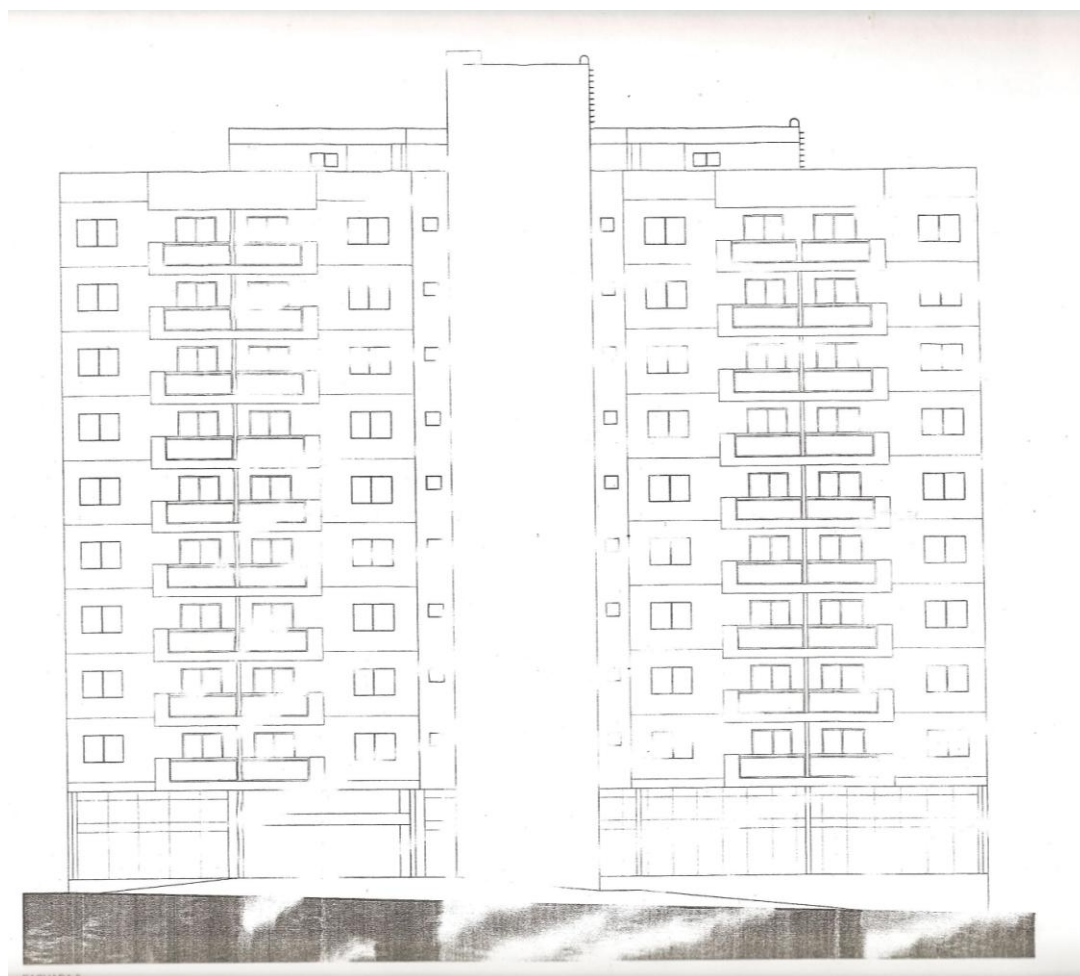
Fonte: Construtora MVALLE, 2014.

- FACHADA 2:



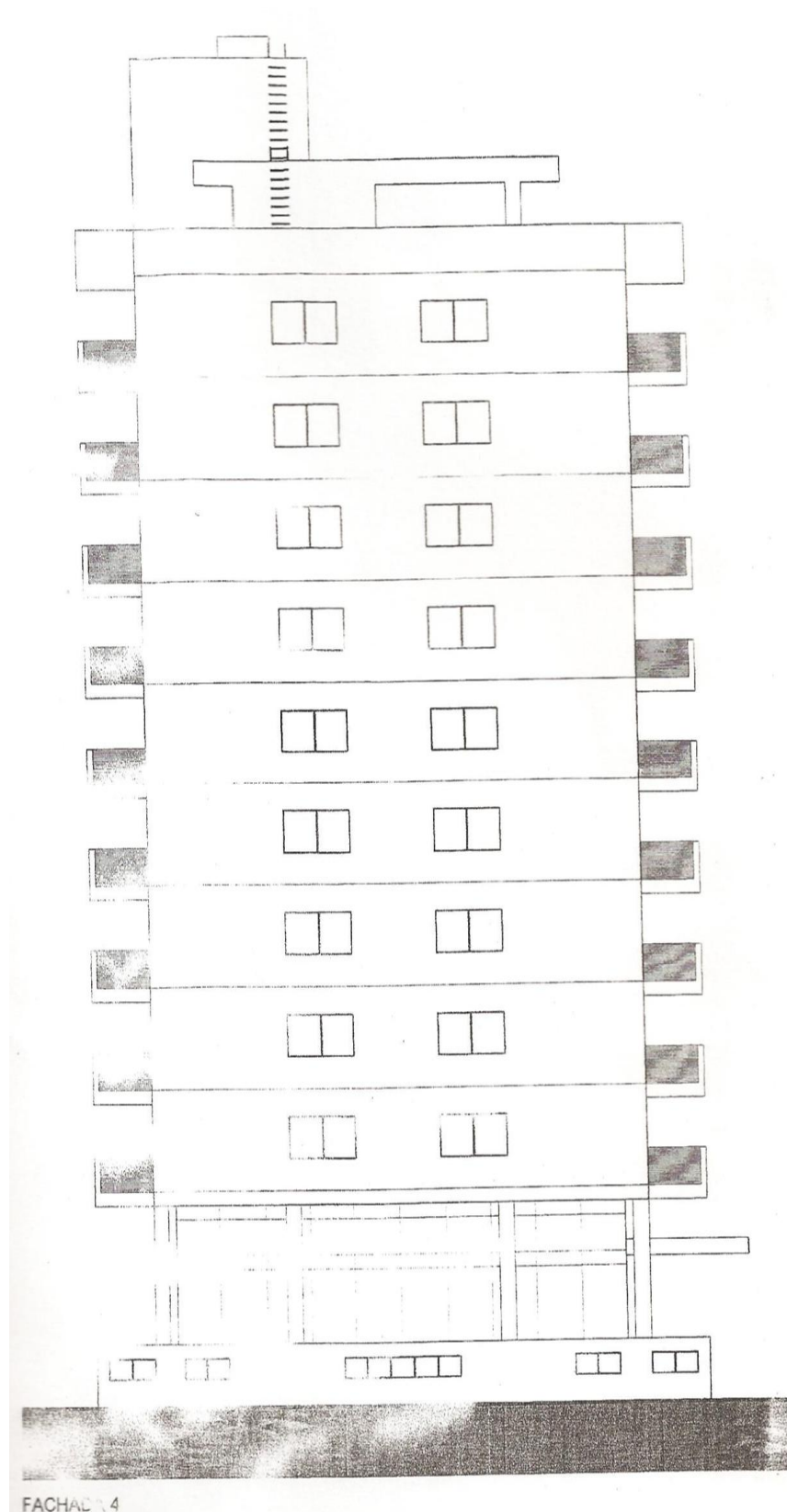
Fonte: Construtora MVALLE, 2014.

- FACHADA 3:



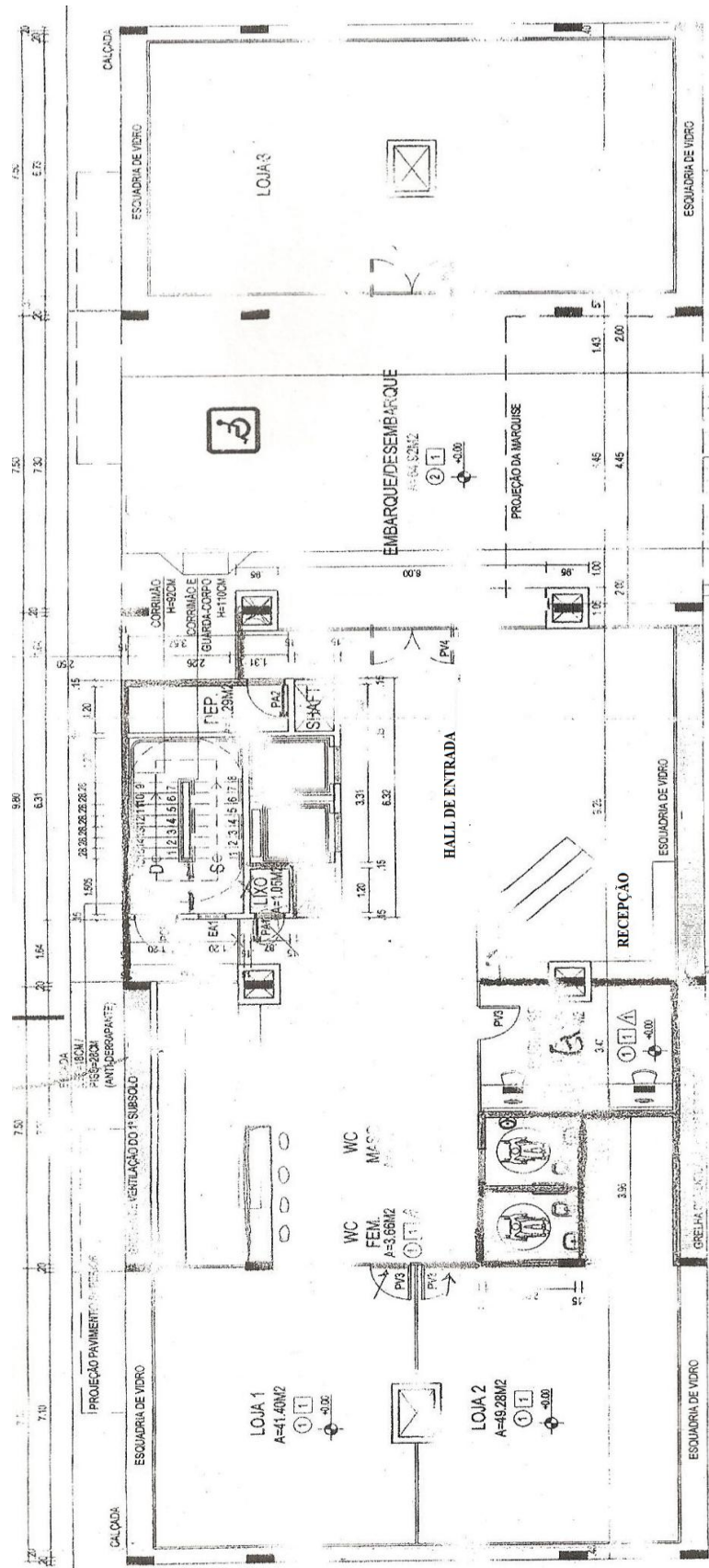
Fonte: Construtora MVALLE, 2014.

- FACHADA 4:



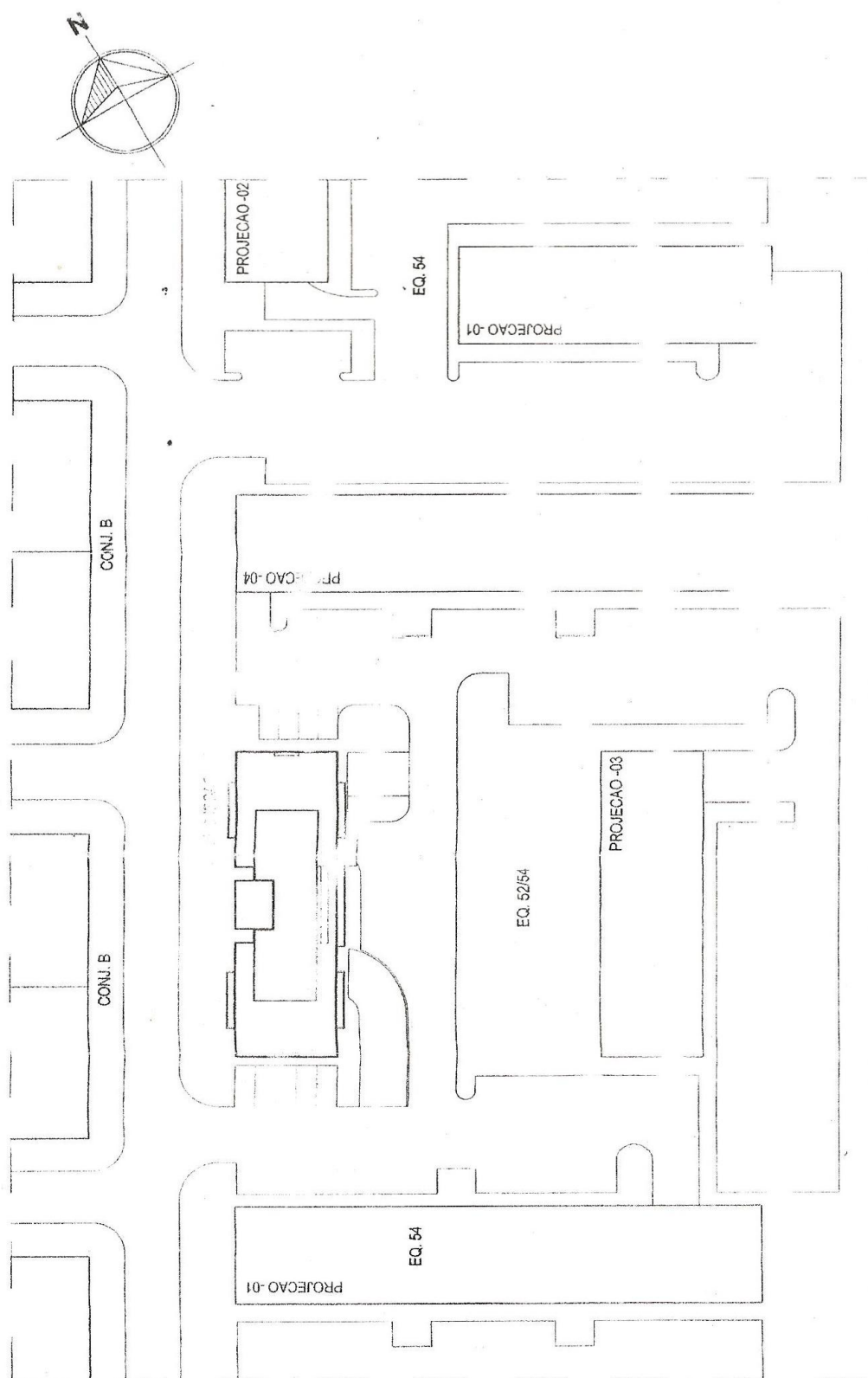
Fonte: Construtora MVALLE, 2014.

- TÉRREO:







Fonte: Construtora MVALLE, 2014. Modificada pelo autor.

- SITUAÇÃO:



Fonte: Construtora MVALLE, 2014.

ANEXO II: SELO CONPET – FOGÕES E FORNOS DOMÉSTICOS A GÁS

<div><div><p>INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA QUALIDADE E TECNOLOGIA</p><p>PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM</p></div><div><p>40 Empresas(s) 54 Marcas(s) 691 Modelo(s) Etiquetado(s) 390 Modelo(s) com Selo CONPET</p><p>56,4 %</p></div></div>																								
<p>Tabela de consumo / eficiência energética</p> <p>Selo CONPET de Eficiência Energética</p>																								
<div><p>programa nacional da racionalização do uso dos derivados do petróleo e do gás natural</p><p>conpet</p></div> <div><p>critérios de Classificação: *</p><table><tr><td>Mesa de Cocção</td><td>A</td><td>B</td><td>C</td><td>D</td><td>E</td></tr><tr><td>Forno</td><td>A</td><td>B</td><td>C</td><td>D</td><td>E</td></tr></table><p>Mais Eficiente</p><p>Menos Eficiente</p></div> <div><p>Selo CONPET</p></div>													Mesa de Cocção	A	B	C	D	E	Forno	A	B	C	D	E
Mesa de Cocção	A	B	C	D	E																			
Forno	A	B	C	D	E																			
Empresa	Marca	Modelo	Tipo de Produto	Tipo de Gás	Número de Bocas	Rendimento Médio dos Queimadores (%)	Classificação PBE Mesa de Cocção	Volume do Forno (litros)	Consumo do Forno GLP(kg/h) GN (m³/h)	Índice de Consumo do Forno (%)	Classificação PBE Forno	Selo CONPET Classificação Mesa Cocção = A e Forno = A												
BUILT	NEWMAG	CKTP 50	Cooktop	GLP	5	65	A	1	1	1	1	SIM												
BUILT	NEWMAG	CKTP 50 TC	Cooktop	GLP	5	62	B	1	1	1	1	NÃO												
BUILT	PHILCO	COOK CHEFF	Cooktop	GLP	4	64	A	1	1	1	1	SIM												
CADENCE	CADENCE	TOP150-BIV	Cooktop	GLP	1	61	B	1	1	1	1	NÃO												
CADENCE	CADENCE	TOP200-BIV	Cooktop	GLP	2	67	A	1	1	1	1	SIM												

Fonte: Inmetro, 2014.

ANEXO III: SELO PROCEL – LÂMPADAS FLUORESCENTES COMPACTAS 220V



Tipo de Equipamento: Lâmpadas Fluorescentes Compactas - 220 V

FORNECEDOR - MARCA	TIPO	MODELO	CÓDIGO DE BARRAS	REGISTRO	POTÊNCIA DECLARADA (W)	FLUXO LUMINOSO (lm)	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA (lm/W)	EQUIV. LÂMP. INCANDESCENTE (W)	VIDA (h)	TEMP. DE COR (K)
ACOPAR COMÉRCIO DE UTILIDADES LTDA - TIMELESS LUX	COMPACTA	15W 6400K	789653707472	000988/2013	15	915	61	60	6000	6400(BF)
		20W 6500K	7899471651001	000989/2013	20	1200	64	90	6000	6500(BF)
ALPER DISTRIBUIÇÃO E COMÉRCIO S.A. - ALPER	COMPACTA	3U 14W 220V 6400K	7898932246954	003415/2013	14	854	61	70	8000	6400(BF)
		ESP 23W 6400K	7898932244363	003420/2013	23	1423	66	100	8000	6400(BF)
		5793	7896565957933	001599 / 2013	30	1950	65	130	6000	6400(BF)
		MINI_ESP_9W_2700K	7896565958794	001577 / 2013	9	570	63	50	6000	2700(BM)
		MINI_ESP_9W_6400K	7896565958787	001595 / 2013	9	531	59	40	6000	6400(BF)
		MINI_ESP_11W_2700K	7896565958831	001577 / 2013	11	665	60	50	6000	2700(BM)
		MINI_ESP_11W_6400K	7896565958824	001595 / 2013	11	649	59	50	6000	6400(BF)
		MINI_ESP_15W_2700K	7896565958879	001577 / 2013	15	1010	67	70	6000	2700(BM)
		MINI_ESP_15W_6400K	7896565958862	001595 / 2013	15	1010	67	70	6000	6400(BF)
		5796	7896565957964	001579 / 2013	16	1010	63	80	6000	6400(BF)
ALUMBRA PRODUTOS ELÉTRICOS E ELETRÔNICOS LTDA - ALUMBRA	ESPIRAL	5802	7896565958015	001585 / 2013	25	1600	64	110	6000	6400(BF)
		ESP 20W 6400K	7896565958701	001592 / 2013	20	1310	66	100	6000	6400(BF)

19/05/2014

Fonte: Inmetro, 2014.

ANEXO IV: ASPECTOS DA ETIQUETAGEM EM EDIFICAÇÕES EM PORTUGAL

Em Portugal foram desenvolvidos programas e planos que apostam em um modelo energético racional e sustentável, não comprometendo a competitividade das empresas nem a qualidade de vida dos cidadãos. Dentre os programas tem-se o Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética (PNAEE) que abrange os setores de transportes; residencial e serviço; indústria; Estado e Agricultura, objetivando melhorias na eficiência energética destas áreas. Também tem-se o Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis (PNAER) e o Programa de Eficiência Energética para a Administração Pública (ADENE, 2013).

Na Europa o setor de edifícios é responsável pelo consumo de aproximadamente 40% da energia final, sendo que mais de 50% deste consumo pode ser reduzido através de medidas de eficiência energética, o que pode apresentar uma redução anual de 400 milhões de toneladas de CO₂ – quase a totalidade do compromisso da UE no âmbito do Protocolo de Kyoto (DE FREITAS LOPES, 2010).

Sobre a certificação energética de edificações, em Portugal, os edifícios em condições normais de utilização são um fator de comparação credível quando é comprado ou alugado, permitindo aos compradores ou arrendadores aferir a qualidade do imóvel no que diz respeito ao desempenho energético e à qualidade do ar interior.

Neste país o processo de certificação envolve a atuação de um Perito Qualificado com formação em engenharia ou arquitetura e reconhecido pela Ordem dos Engenheiros (OE), Ordem dos Arquitetos (OA) ou pela Associação Nacional dos Engenheiros Técnicos (ANET) (DE FREITAS LOPES, 2010).

A classificação do edifício segue uma escala pré – definida de 9 classes (A+, A, B, B-, C, D, E, F e G), em que a classe A+ corresponde com melhor desempenho energético, e a classe G corresponde a um edifício de pior desempenho energético (Fig. 1).



Fonte: ADENE, 2014.

Embora o número de classes na escala seja o mesmo, as metodologias de cálculo utilizadas na determinação da classe energética de um edifício dependem da sua tipologia, sendo que independentemente do tipo do edifício, em Portugal, para aqueles que são novos, apenas é permitido que as classes energéticas variem entre A+ e B-, sendo que os edifícios existentes podem ter qualquer classe.